

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2017

Bc. Lukáš Freml

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Racionalizace technologie výroby a kontroly parametrů vybraného představitele

**Rationalization of Production Technology and
Parameters Control of the Selected Representative**

Student:

Bc. Lukáš Freml

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Šárka Tichá, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Freml**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace technologie výroby a kontroly parametrů vybraného
představitele**
**Rationalization of Production Technology and Parameters Control of
the Selected Representative**
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te rozbor požadavků na vybraného představitele z pohledu výroby a kontroly parametrů.
2. Proved'te rozbor stávajícího stavu výroby a kontroly parametrů vybraného představitele.
3. Proved'te návrh racionalizace technologie výroby.
4. Proved'te návrh racionalizace kontroly metrologických parametrů vybraného představitele.
5. Proved'te praktické ověření návrhů včetně vyhodnocení.
6. Proved'te celkové zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

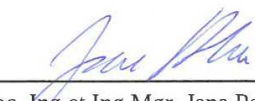
- [1] <http://www.renishaw.cz/cs/productivity-pc-software-k-sondam-pro-obrabeci-centra--6252>.
[2] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
[3] Firemní dokumenty.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Šárka Tichá, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 5. 5. 2017



.....
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было sjednáno, že s VŠB-TUO, в případě zájму z její strany, uzavřу лиценční сmlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 5. 5. 2017



.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Freml Lukáš

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Štarnov 85, Bohuňovice 783 14

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat své vedoucí diplomové práce Ing. Šárce Tiché, Ph.D., za připomínky a trpělivost při psaní diplomové práce.

ANOTACE DIPLOMOVÁ PRÁCE

Freml, L. *Racionalizace technologie výroby a kontroly parametrů vybraného představitele: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzity Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2017, 77 s. Vedoucí práce: Tichá, Š.

Tato diplomová práce se zabývá racionalizací technologie výroby a kontroly parametrů vybraného představitele. Ve zpracování se budu zabývat rozbořem stávajícího provedení výroby a měření. Následně provedu návrh nové technologie výroby a s tím spojenou i racionalizaci měření. V první části se budu zabývat stávajícím stavem výroby a metrologií. Zde ukážu, že je to nedostatečná, jak s hlediska výroby co se týče počtu operací pro zhotovení a s tím spojené i dodržení požadovaných geometrických tolerancí, tolerovaných rozměrů daného představitele a taktéž způsoby měření požadovaných rozměrů. V druhé části budu navrhnout optimalizované řešení, které by ve výsledku mělo jednak ušetřit celkový čas výroby, ale především snížit počet operací výroby a tím i zpřesnění výroby. Dále se budu zabývat i novým způsobem měření, které by již mělo být dostatečné pro, měření všech potřebných parametrů.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

Freml, L. *Rationalization of Production Technology and Parametrs Control of the Selected Representative: master thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2017, 77 s. Thesis head: Tichá, Š.

This master's thesis deals with the rationalization of manufacturing technology and the parameter inspection of a specific product. I will be dealing with the analysis of the current execution of manufacturing and measuring. Afterwards, I will suggest a new manufacturing technology and the related rationalization of measuring. In the first part of the thesis, I am going to focus on the current state of manufacturing and metrology. I will demonstrate that it is insufficient from the manufacturing point of view, as far as the number of operations and related compliance with desired geometric tolerances goes, and I will also demonstrate how the ways of measuring required dimensions are insufficient. In the second part I will be suggesting the optimal solution, which would both decrease the time required to complete production, but also decrease the number of operations, and thus improve the accuracy of production. I will also deal with a new measuring system, which should already be sufficient for the measuring of all required parameters.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN.....	09
ÚVOD.....	11
1 CÍLE PRÁCE	12
2 ROZBOR POŽADAVKŮ NA VYBRANÉHO PŘEDSTAVITELE Z POHLEDU VÝROBY A KONTROLY PARAMETRŮ	13
2.1 ROZBOR POŽADAVKŮ VYBRANÉHO PŘEDSTAVITELE Z POHLEDU VÝROBY.....	14
2.2 ROZBOR POŽADAVKŮ VYBRANÉHO PŘEDSTAVITELE Z POHLEDU ROZMĚROVÉ A TVAROVÉ PŘESNOSTI	15
3 ROZBOR STÁVAJÍCÍHO STAVU VÝROBY A KONTROLY PARAMETRŮ VYBRANÉHO PŘEDSTAVITELE	21
3.1 STÁVAJÍCÍ STAV VÝROBY	21
3.2 STÁVAJÍCÍ STAV KONTROLY PARAMETRŮ	26
4 NÁVRH RACIONALIZACE VÝROBY VYBRANÉHO PŘEDSTAVITELE Z OHLEDEM NA SPLNĚNÍ POŽADAVKŮ NA ROZMĚROVOU A TVAROVOU PŘESNOST.....	30
5 NÁVRH RACIONALIZACE KONTROLY PARAMETRŮ VYBRANÉHO PŘEDSTAVITELE	36
6 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ VČETNĚ VYHODNOCENÍ.....	40
6.1 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ ZVOLENÉ VARIANTY VÝROBY SVAŘENCE STATORU	40
6.2 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ ZVOLENÉ VARIANTY OBRÁBĚNÍ STATORU	47
6.3 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ ZVOLENÉ VARIANTY KONTROLY PARAMETRŮ STATORU	50
7 CELKOVÉ ZHODNOCENÍ	62
7.1 VYHODNOCENÍ PŮVODNÍCH TECHNOLOGIÍ VÝROBY SVAŘENCE, OBRÁBĚNÍ A METROLOGIE STATORU S POHLEDU ČASOVÉHO A FINANČNÍHO	62
7.2 VYHODNOCENÍ NOVĚ NAVRŽENÝCH TECHNOLOGIÍ RACIONALIZACÍ VÝROBY SVAŘENCE, OBRÁBĚNÍ A METROLOGIE STATORU S POHLEDU ČASOVÉHO A FINANČNÍHO	63
7.3 POROVNÁNÍ PŮVODNÍCH TECHNOLOGIÍ VÝROBY S RACIONALIZACÍ TECHNOLOGIE VÝROBY	65
ZÁVĚR	66
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	67
SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE.....	68

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

Seznam použitých zkratk:

WPS – technologický postup pro svařování konkrétního sváru

Seznam použitých symbolů a veličin:

	Jednotky	Název
u_A	[mm]	standartní nejistota typu A
u_B	[mm]	standartní nejistoty typu B
u_C	[mm]	kombinovaná standartní nejistota
U	[mm]	rozšířená standartní nejistota
x_i	[mm]	měřená hodnota odpovídající danému počtu měření
\bar{x}	[mm]	aritmetický průměr měřeného parametru
Δx_i	[mm]	rozdíl měřené hodnoty od vypočteného aritmetického průměru
n	[-]	počet měření
m	[-]	koeficient pro výpočet dílčí nejistoty typu B
j	[-]	celkový počet určených nejistot typu B
k_u	[-]	Součinitel pro výpočet nejistoty s pravděpodobnosti pokrytí $P \approx 95\%$
u_{z_j}	[mm]	podíl určené nejistoty a koeficientu dílčí nejistoty
z_j	[mm]	určená nejistota, která může vzniknout
\emptyset	[mm]	průměr
S_1	[mm]	soustřednost osazení B vůči paketu statoru (obr. 13)
S_2	[mm]	soustřednost osazení C vůči paketu statoru (obr. 13)
S_3	[mm]	soustřednost osazení B vůči osazení C (obr. 13)
R_o	[mm]	rovnoběžnost ofrézovaných čel strany A vůči straně E (obr. 13)
K_{O1}	[mm]	kolmost strany A vůči paketu (obr. 13)
K_{O2}	[mm]	kolmost strany E vůči paketu (obr. 13)
t_s	[hod]	původní čas výroby svařence

t_{os}	[hod]	měsíční pracovní fond na 1 osobu
t_c	[hod]	měsíční pracovní fond na x osob
t_o	[hod]	čas obrábění statoru
t_{sr}	[hod]	čas výroby svařence po racionalizaci
t_{or}	[hod]	čas obrábění statoru po racionalizaci
c_s	[-]	počet svářečů
c_o	[-]	počet obráběčů
C_{Ps}	[ks]	původní měsíční kapacita vyráběných svařenců
C_{Po}	[ks]	původní měsíční kapacita obráběných statorů
C_{Psr}	[ks]	měsíční kapacita vyráběných svařenců po racionalizaci
C_{Por}	[ks]	měsíční kapacita obráběných statorů po racionalizaci
k_s	[Kč]	cena svařování 1 kusu statoru
k_o	[Kč]	cena obrábění 1 kusu statoru
P_s	[Kč]	původní měsíční obrat výroby svařenců statoru
P_o	[Kč]	původní měsíční obrat obrábění statorů
P_{sr}	[Kč]	měsíční obrat výroby svařenců statoru po racionalizaci
P_{or}	[Kč]	měsíční obrat obráběných statorů po racionalizaci

ÚVOD

Pracuji ve firmě MOPOS a.s., která sídlí v Olomouci. V této firmě se zabýváme dvojitou výrobou. Jedna výroba se zabývá stroji do pekařského průmyslu, jako jsou různé linky na pečivo tak i obraceče na slad do sladoven. Druhá výroba se zabývá zpracováním svařenců a následně jejich opracováním na obráběcích strojích.

Pro diplomovou práci, jsem si vybral zpracování nejvýznamnějšího představitele, z výroby obráběných svařenců - stator (obr. 4 viz kapitola 2.2). Naše firma má největší problémy s výrobou statorů, a proto je nutné racionalizovat proces výroby a metrologie z hlediska uspokojení zákazníka.

Jde o nejvíce dodávaný výrobek naší firmy v oblasti obráběných svařenců pro japonskou firmu NIDEC. S tímto procesem je spojeno nejvíce neshodných výrobků a tím pádem i reklamací, proto je potřeba najít takové řešení výroby a kontroly měření kritických parametrů, abychom uspokojili požadavky zákazníka a eliminovali riziko reklamací.

Součástí diplomové práce je také výrobní výkres statoru, kde jsou uvedeny veškeré kóty pro seskládání kusu svařecem, předepsané požadované délkové rozměry s tolerancemi a požadované předepsané geometrické tolerance.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je provést návrh a praktické ověření racionalizace výroby a kontroly parametrů statoru.

Tohoto cíle bude dosaženo na základě splnění těchto úkolů:

- rozboru požadavků na vybraného představitele z pohledu výroby a metrologických parametrů;
- rozboru stávajícího stavu výroby a kontroly parametrů vybraného představitele;
- návrhu racionalizace technologie výroby s ohledem na splnění požadavků na rozměrovou a tvarovou přesnost představitele;
- návrhu racionalizace kontroly metrologických parametrů vybraného představitele;
- praktického ověření návrhů včetně vyhodnocení;
- celkového zhodnocení.

2 ROZBOR POŽADAVKŮ NA VYBRANÉHO PŘEDSTAVITELE Z POHLEDU VÝROBY A KONTROLY PARAMETRŮ

Stator je nepohyblivá (statická) součást elektromotoru, generátoru a dalších elektrických strojů.

Jde o obrobek statoru, který je součástí alternátoru, generátoru, který dodáváme jako hrubý produkt japonskému zákazníkovi NIDEC. Zákazník dále dodává vinutí a následně provádí celkovou montáž do finálního produktu.

Tisíce těchto generátorů, alternátorů (obr. 1), pracuje v supermarketech, hotelech, nákupních centrech, těžebním průmyslu, větrných elektrárnách, lodním průmyslu atd.



Obr. 1 Alternátor [10]

2.1 Rozbor požadavků vybraného představitele z pohledu výroby

Touto problematikou je nutno se zabývat z pohledu zákazníka, který si ve firmě dodavatele dělá pravidelný audit pro zhodnocení daných podmínek, ze kterých potom vyhodnotí, zda je firma vyhovující pro danou výrobu.

Ve většině případů, aby firma tímto auditem prošla, je potřeba se řídit systémem managementu kvality, který předepisuje norma ČSN EN ISO 9001: 2015.

Norma ČSN EN ISO 9001: 2015 specifikuje požadavky na systém managementu kvality v organizacích, které chtějí a potřebují prokázat svoji schopnost trvale poskytovat produkty v souladu s příslušnými předpisy a požadavky zákazníků, a které usilují o **zvyšování jejich spokojenosti**. Základní požadavek: zavést, dokumentovat, uplatňovat a udržovat systém managementu kvality (SMK) a neustále jej zlepšovat.

Z pohledu výroby jsou požadavky následující:

- dělit materiál jednotlivých pozic v předepsaných a požadovaných tolerancích, aby nevznikaly problémy při skládání svařenců;
- při skládání dodržet technologický postup, který předepisuje postupné seskládání jednotlivých pozic do celku svařence;
- při zavaření svářečem dodržet technologický postup;
- dodržení předepsaných WPS pro jednotlivé svary;
- manipulovat ze svařencem tak, aby nedošlo k jeho poškození během přesunu z jednoho na druhé pracoviště;
- při obrábění brát svařenec a zvedat za předepsaná místa pro zvedání tak, aby byl svařenec pomocí jeřábu jednoduše usazen na obráběcí stroj;
- dle postupu provést upnutí na obráběcím stroji;
- provést obrábění dle technologického postupu;
- odepnout a sundat kus tak, aby nedošlo k poškození obrobených ploch, přenést na přepravní paletu a přepravit obrobek na pracoviště metrologie.

2.2 Rozbor požadavků vybraného představitele z pohledu rozměrové a tvarové přesnosti


Požadavky nám předepisuje hlavně zákazník, který nám specifikuje pro něj důležité nebo-li tzv. kritické parametry pro kontrolu.

Požadavky na rozměrové a tvarové přesnosti máme dvojího typu a to:

a) z pohledu rozměrové a tvarové přesnosti u nového typu statoru

Po zaslání nového typu statoru do výroby je nutné z požadavku zákazníka udělat na výstupní kontrole celkové měření úplně všech parametrů daného výrobku. Kontrola je provedena přes tzv. hrubé parametry, které vychází ze svařence, až po měření přesně tolerovaných rozměrů a geometrických tolerancí, které jsou výstupem po obrábění.

Na obr. 2 je protokol celkového měření, který je nutný vyplnit pro zákazníka. Protokol je zpětnou kontrolou všech parametrů a srovnává skutečné hodnoty kontrolovaných parametrů s požadovanými, pro zjištění případných rozdílů nebo potvrzení shody. Aby bylo zřejmé, kde máme nějaké rozdíly, nebo zda je vše v pořádku. V případě drobných odchylek je pak nutno u zákazníka domluvit uvolnění statoru výjimku. Pokud jsou rozdíly, velké je nutno stator opravit.

 SILLAC	HLAŠENÍ O KONTROLE DODAVATELE / SUBDODAVATELE		Zatřídění :
	Paket v kostře 51.2		Revize : 0
	KÓD LS : SE 0510273/A SK.ČÍSLO : 192 149		Dne : strana : 1 / 2
			Dokument typu : I 20.T078

NÁZEV DODAVATELE :			MOPOS		Č. OBJEDNÁVKY : T 14196151-1		KONTROLA DLE : 23.9.2014			
PRACOVNÍŠTĚ :					VÝKRES ČÍSLO : LSA CA 704 1500		KONTROLOVANÉ MNOŽSTVÍ : 1			
OZN.	KONTROLOVANÉ HODNOTY	ROZMĚRY	LIMITY TOLERANCE		KONTROLNÍ PROSTŘEDKY	ZJISTENÉ ROZMĚRY				
		JMENOVITĚ	HORNÍ	DOLNÍ		1	2	3	4	
1	délka	1500	1500,2	1499,8						
2	délka	1435	1435,2	1432,5						
3	vzdálenost	185	186,2	184,8						
4	vzdálenost	625	625,8	624,2						
5	vzdálenost	20	20,2	19,8						
6	délka	80	80,3	79,7						
7	délka	275	275,5	274,5						
8	délka	35	35,3	34,7						
9	hloubka	10,5	10,7	10,5						
10	vzdálenost	546	546,8	545,2						
11	délka	200	200,5	199,5						
12	vzdálenost	71	71,3	70,7						
13	délka	200	200,5	199,5						
14	vzdálenost	5	5,1	4,9						
15	hloubka	7	7,2	7						
16	házivost	0,1	0,1	0						
17	průměr	975	975,8	974,2						
18	průměr	910 H8	910,14	910						
19	průměr	841	841,8	840,2						
20	kolmost	0,1	0,1	0						
21	délka	130	130,5	129,5						
22	vzdálenost	85	85	82						
23	tloušťka	8	8,2	7,8						
24	soustřednost	0,3	0,3	0						
25	vzdálenost	10	10,2	9,8						
26	délka	52	52,3	51,7						
27	délka	220	220,5	219,5						
28	délka	332	332,5	331,5						
29	soustřednost	0,1	0,1	0						

Obr. 2 Protokol celkového měření z pohledu rozměrové a tvarové přesnosti u stávajícího satoru

POZNÁMKY : Použitá měřidla : dig. odměřování, posuvky, mikrometry, odpichy, úhlooměry, hloubkoměry, čís. úchytkoměr

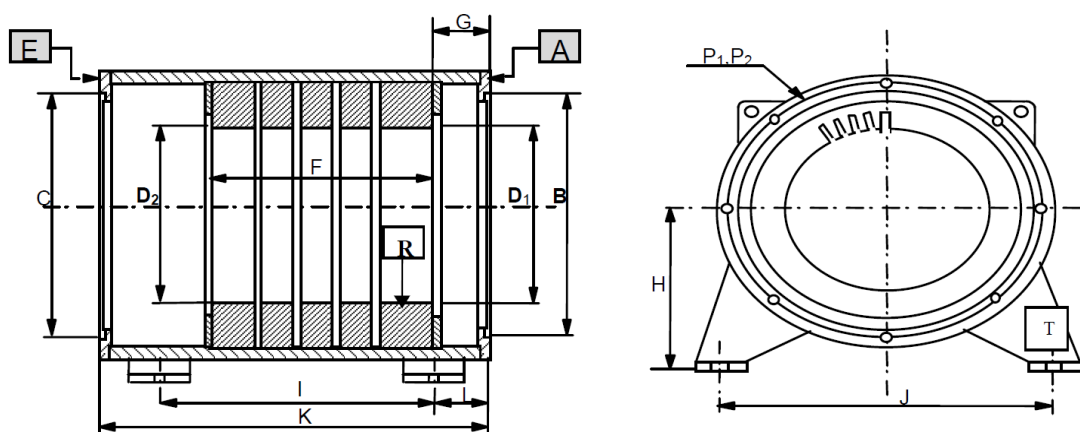
Obr. 2 Protokol celkového měření z pohledu rozměrové a tvarové přesnosti u stávajícího
statoru (pokračování)

Po schválení a shodě u nového statoru již není nutné dělat protokol celkového měření (obr. 2). Daný výrobek je již schválen a tím i daná technologie, kterou byl proveden. Při opakované výrobě tohoto produktu je již požadavek ze strany zákazníka, co se týká vyplňování protokolu, podstatně mírnější. Zde již jsou jen nutné rozměry a geometrické tolerance, které se musí 100% kontrolovat u každého kusu, protože ovlivňují funkčnost celkového výrobku u konečného zákazníka. Jsou to tzv. kritické rozměry, které by při nedodržení mohly způsobit havárii celého generátoru.

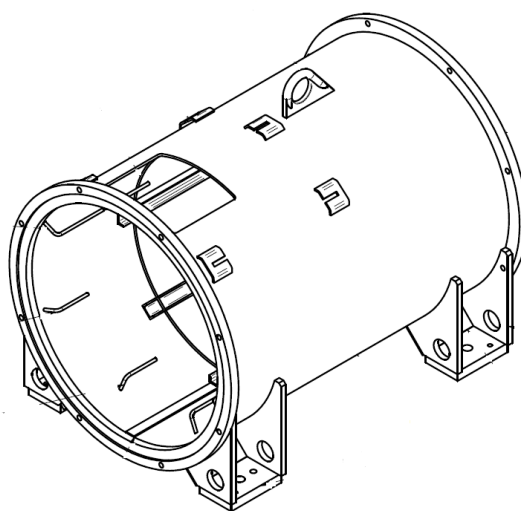
Při jakékoliv změně výroby ať na svařovacím pracovišti nebo změna technologie a postup obrábění, se tyto změny musí hlásit zákazníkovi. Při každé změně je nutno provést znovu celkový protokol, aby nedošlo při opakované výrobě výrobku k vysokému počtu neshodných výrobků.

Kritické parametry, které se musí měřit na každém kusu, jsou vyznačeny na obr. 3:

- celková délka kusu označena písmenem K;
- délka paketu označena písmenem F;
- osová výška od středu kusu po spodní plochu patek označena písmenem H,
- příčná rozteč vyvrtaných otvorů na patkách označena písmenem J;
- podélná rozteč vyvrtaných otvorů na patkách označena písmenem I;
- vzdálenost polohy paketu od čela statoru označena písmenem G;
- průměr osazení na straně A označen písmenem B;
- průměr osazení na druhé straně označen písmenem C;
- vnitřní průměr paketu na straně A i na druhé straně označen písmenem D₁, D₂;
- ovalita paketu označena písmenem R;
- roztečná kružnice pro vrtání otvorů v přírubě na první i druhé straně označena písmenem P₁, P₂;
- soustřednost osazení B vůči paketu;
- soustřednost osazení C vůči paketu;
- soustřednost osazení B vůči druhému osazení C;
- rovnoběžnost obroběných čel přírub A, E vůči sobě;
- kolmost strany A vůči paketu;
- kolmost strany E vůči paketu.



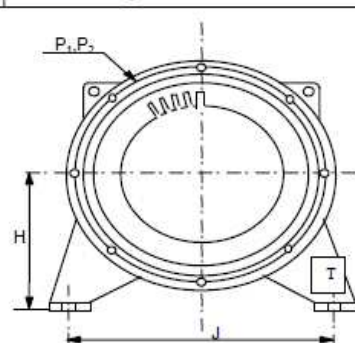
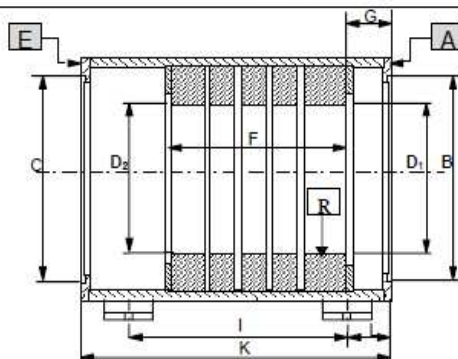
Obr. 3 Schéma s označenými kritickými parametry



Obr. 4 3D pohled na celý stator

Ukázka protokolu, který je vyžadován již po schválení prvního kusu (obr. 5).

MOPOS	KONTROLNÍ LIST RECORD CARD	SKL.ČÍSLO / STOCK N° : 104984 LS CODE : STM910US008 PLATNOST OD / VALIDATE SINCE : 1.12.2010
	KVALITA	OPRACOVANÝ PAKET STATORU Machined frame with core
Číslo objednávky : Order No : 24010915446817-2		Č.výkresu statoru Stator drawing n° SE 051 0273 CA 704



A	referenční strana	reference side
B	Ø osazení na straně A	fitting-together Ø of the reference side
C	Ø osazení na opačné straně	fitting-together Ø opposite side of the reference side
D	vnitřní Ø svazku	Ø of the stator core
E	opačná strana ke straně A	opposite side to the reference side
F	délka svazku	length of the stator core
G	poloha svazku	position of the stator core
H	osová výška	axis height
I	podélná rozteč otvorů	between axis holes
J	příčná rozteč otvorů	between axis of the lateral fixing
K	délka kostry	length of the frame
L	vzdálenost vrtání patek	Departure of the drilling leg
P1, P2	Ø vrtání otvorů statoru	Drilling Ø of the stator end
⊕ B/D ₁ D ₂ nebo B/D ₁ *	poloha B vzhledem k ose plechů D ₁ /D ₂ v X,Y	position of B in relation to the fitting-together D ₁ /D ₂ in X,Y
⊕ C/D ₁ D ₂ nebo B/D ₂ *	poloha C vzhledem k ose plechů D ₁ /D ₂ v X,Y	position of C in relation to the fitting-together D ₁ /D ₂ in X,Y
⊕ B/C	poloha C vzhledem k ose plechů B v X,Y	⊕ : position of C in relation to the fitting-together B in X,Y
// A/E	rovnoběžnost stran E a A	parallelism of the A & E sides
R	rovinnost vnitř. průměru svazku	Straightness of the stator core
*	Pokud se kontroluje soustřednost pomocí obráběcího přípravku, změřit soustřednost B/D ₁ a B/D ₂	When concentricity are checked with a machining equipment, measure the concentricity of B/D ₁ et de B/D ₂
⊥ A+E / D ₁ D ₂	kolmost stran E a A k ose paketu	perpendicularity sides A and E to axle packet
⊕ T/BC	Poloha otvorů T na patkách k ose kostry	position holes T on foot to the axle frame BC

Rozměry na výkrese Dimensions lines	Naměřené hodnoty Measured values	Rozměry na výkrese Dimensions lines	Naměřené hodnoty Measured values	Geometrie Geometry	Naměřené hodnoty Measured values
B 910 H8 0/+0,14		H 499,5 ± 0,8		B / D ₁ D ₂ Nebo B / D ₁ *	X : Y :
C 910 H8 0/+0,14		I 1200 ± 0,5		C / D ₁ D ₂ nebo B / D ₂ *	X : Y :
D 541,2 ± 0,1		J 750 ± 0,8		B / C ± 0,16	X : Y :
D 541,2 ± 0,1		K 1500 ± 0,2		// E / A 0,1	
F 850 0/+2		L 150 ± 0,5		⊥ A / D ₁ D ₂	A :
G 185 ± 1,2		P ₁ 940 ± 0,4		E / D ₁ D ₂ 0,1	E :
R 0,3		P ₂ 940 ± 0,4			
		T / BC 0,5			
<input type="checkbox"/> Kontrola vyrtaných děr na patkách / Checking of drilling leg : Ø T na výkrese : 33 Ø změřený : 33 <input type="checkbox"/> Vizuální kontrola svarů (vzhled, rozměry) / Visual inspection welding (dimension, aspect) <input type="checkbox"/> Čistota bez okují a třísek po svařování / No scratch welding <input type="checkbox"/> Bez kovových třísek / No iron turning					
Poznámky / remarks: <input type="checkbox"/> Výkres kostry / Frame drawing: CA 704-1500 <input type="checkbox"/> Výkres paketu / Packet drawing: TE 051-0229 <input type="checkbox"/> Výkres plechu / Lamination drawing: <input type="checkbox"/> Počet drážek / Slot number: <input type="checkbox"/> Č.tvaru drážky / n° form slot					
Jméno kontrolora : Inspector name :		Datum : Date :		Podpis : Visa :	

Obr. 5 Protokol při opakované výrobě [15]

3 ROZBOR STÁVAJÍCÍHO STAVU VÝROBY A KONTROLY PARAMETRŮ VYBRANÉHO PŘEDSTAVITELE

V této kapitole se budu zabývat jednotlivými rozbory současného stavu výroby, přes výrobu svařence, obrábění statoru tak v neposlední řadě metrologií statoru.

3.1 Stávající stav výroby

Současný stav výroby je nevyhovující jak z pohledu časových norem zhotovení výrobku, tak i rozměrových přesností. Problém začíná na svařovacím pracovišti, kde svářeč pomocí svinovacích metrů a různých přílohek k sobě ustavuje jednotlivé pozice, což nám nezaručí, aby byl každý kus seskládán a zavařen tak, aby mezi jednotlivými svařenci byly co nejmenší rozdíly.

Nyní popíši stávající stav výroby, ke kterému je potřeba výrobní výkres statoru, který je přiložen k diplomové práci jako samostatný výkres. Na obr. 8 je jednoduché schéma s označenými pozicemi.

Stávající výroba svařence se provádí následovně:

- na stáčecích válcích se stočí plášť statoru (obr. 6);



Obr. 6 Stáčecí válce plechů

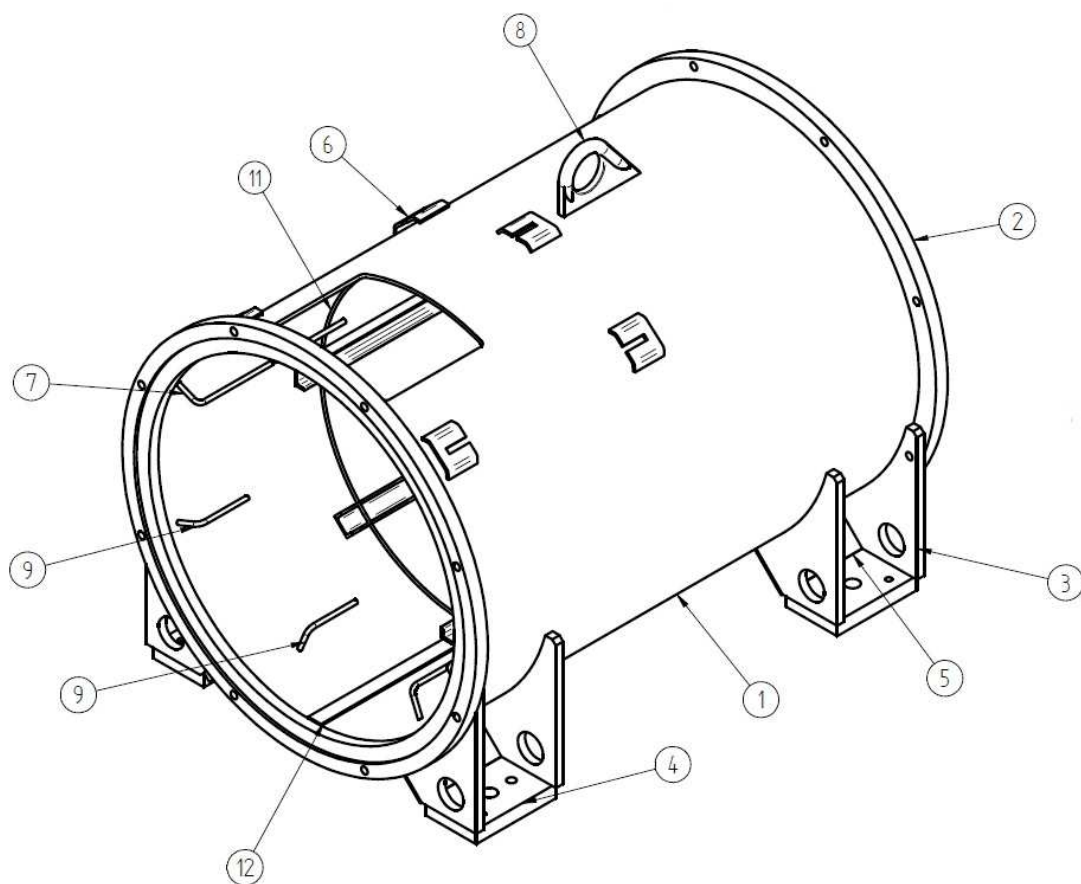
- plášť statoru se postaví na přírubu;
- paket statoru (obr. 7) se vloží do stočeného pláště, do požadované výšky dle výrobního výkresu; stočený plášť se stáhne pomocí lana a kurtny k paketu, který se následně nastehuje k plášti statoru;



Obr. 7 Paket statoru

- nastehuje se příruba, na kterou se plášť postavil;
- následně se ustaví a nastehuje i druhá příruba statoru;
- pozice č. 3, 4, 5, 10 (obr. 8) se poskládají a zavaří samostatně jako podsestava; jedná se o patky statoru, které se ustaví a nastehují na plášť s paketem a přírubami;
- pro ustavení patek musí být dva lidé; první přikládá patku a druhý doměřuje její polohu, ustaví a následně ji nastehuje;
- kus se následně otočí, orýsuje podle kót na výkrese a nastehují se, pozice č. 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13 (obr. 8);
- takto sestavený a nastehovaný svařenec se zavaří podle technologického postupu svařování a pomocí WPS.

Složení a zavaření statoru může v další operaci, kterou je opracování svařence na obráběcím stroji, výrazně ovlivnit ustavení kusu na tomto stroji.

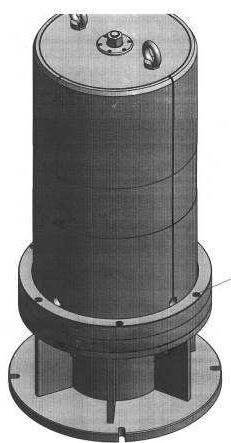


Obr. 8 Schéma statoru s označenými pozicemi

Další hlavní operace ovlivňující požadované parametry zákazníka je obrábění.

Obrábění statoru se provádí tímto způsobem:

- upínací trn (obr. 9) se upne na karusel (obr. 10) a následně se na něj usadí stator;



Obr. 9 Upínací trn



Obr. 10 Karusel

- osoustruží se čelo a zámek příruby rozměr C na obr. 3;
- následně se kus sundá, sundá se i ustavený trn;
- další operací je osoustružení ustavovací čočky tak, aby se na ni natěsno usadil stator osoustruženým zámkem;
- následuje osoustružení druhé strany statoru, čela na celkovou požadovanou délku statoru a zároveň osoustružení i zámku;
- následuje vrtání na stojanové vrtačce (obr. 11) a pomocí přípravku se vyvrtají jednotlivé díry v první a následně druhé přírubě;



Obr. 11 Stojanová vrtačka

- poslední operace je usazení na horizontální vyvrtávačce (obr. 12), kde se obrobí plocha patek; aby se dosáhlo požadované osové výšky, vyvrtají se otvory a následně se udělají závity.



Obr. 12 Horizontální vyvrtávačka [12]

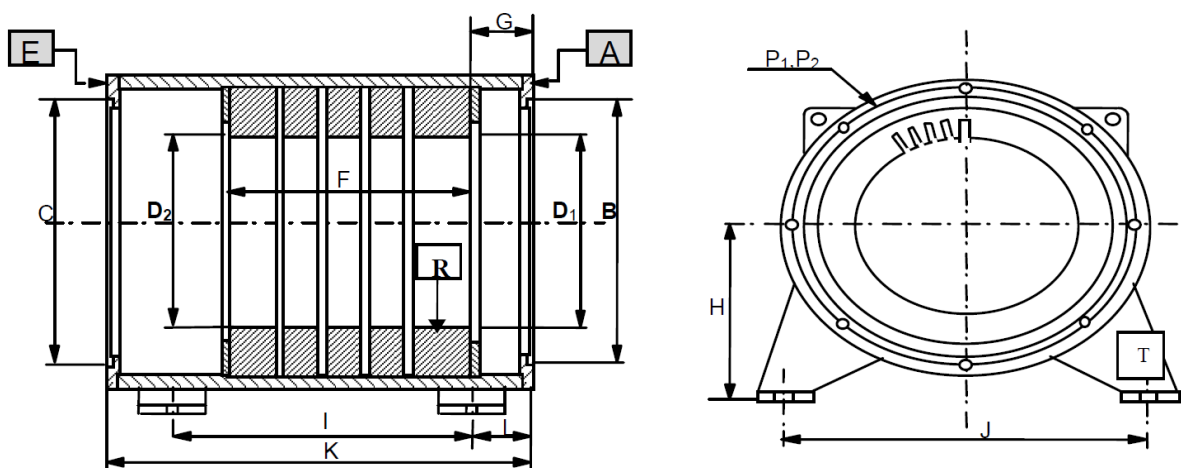
Tento celkový stávající stav výroby je nepříjemný z pohledu časové náročnosti, s tím souvisí špatná konkurenceschopnost cenové politiky. Při takovém množství náročných operací vzniká plno ovlivňujících faktorů, např. lidských nebo počtu operací, které ovlivňují celkovou přesnost z pohledu metrologického. To způsobuje načítání chyb při jednotlivých operacích, než se dojde k finálnímu výrobku, s tím je spojené i vysoké riziko neshodných výrobků.

Proto mám za úkol navrhnout a optimalizovat výrobu jak po časové stránce, tak i po stránce kvalitativní.

3.2 Stávající stav kontroly parametrů

Současný stav výroby satoru je neefektivní. Je potřeba provést racionalizaci výroby i kontroly parametrů, které jsou označeny na obr 13.

Současný stav kontroly je s požadavku měření kritických parametrů, ze strany zákazníka nedostatečný.



Obr. 13 Schéma s označenými kritickými parametry

Stávající stav kontroly parametrů vycházejících z výrobního výkresu je následující:

- celková délka kusu $K = (1500 \pm 0,2)$ mm, se měří pomocí posuvného měřidla; z důvodu tak velké měřené délky není tato metoda přesná a zákazník ji neakceptuje s ohledem na chybu měřidla;
- délka paketu označena písmenem $F = 850^{+0,2}_{+0}$ mm, měří se pomocí posuvného měřidla; pro tuto hodnotu je měření posuvným měřidlem akceptovatelné;
- osová výška od středu kusu po spodní plochu patek označeno písmenem $H = (499,5 \pm 0,8)$ mm; provádí se výpočtem od spodní plochy patky + $\frac{1}{2}$ změřené hodnoty zámku; tento výpočet není přesný s ohledem na ovalitu osoustruženého zámku; vypočtené hodnoty mohou být zkreslené a to je důvod, že je tato metoda nedostatečná;
- příčná rozteč vyvrtaných otvorů na patkách označeno písmenem $J = (750 \pm 0,8)$ mm, měří se pomocí posuvného měřidla; pro tuto hodnotu je měření posuvným měřidlem akceptovatelné;

- podélná rozteč vyvrtaných otvorů na patkách označeno písmenem I = $(1500 \pm 0,5)$ mm, měří se pomocí posuvného měřidla; pro tuto hodnotu je měření posuvným měřidlem akceptovatelné;
- vzdálenost polohy paketu od čela statoru označena písmenem G = $(185 \pm 1,2)$ mm, měří se pomocí hloubkoměru; pro tuto hodnotu je měření pomocí hloubkoměru akceptovatelné;
- průměr osazení na straně A označen písmenem B = $(\varnothing 910H8)$, měří se pomocí mikrometrického odpichu; měření pomocí mikrometrického odpichu je dostatečné, ale může dojít k chybě během měření, pokud si před měřením odpich nekalibrujeme;
- průměr osazení na druhé straně označen písmenem C = $(\varnothing 910H8)$, měří se pomocí posuvného měřidla, protože se zde mikrometrický odpich nedostane z důvodu malé hloubky zámku; z důvodu přesnosti posuvného měřidla a možné chyby při měření je tohle měření neakceptovatelné;
- vnitřní průměr paketu na straně A i na druhé straně označen písmeny D₁, D₂ = $(541,2 \pm 0,1)$ mm, měří se pomocí mikrometrického odpichu; měření pomocí mikrometrického odpichu je dostatečné, ale může dojít k chybě během měření, pokud si před měřením odpich nekalibrujeme;
- ovalita paketu označeno písmenem R = 0,3 mm, měří se pomocí mikrometrického odpichu; měření pomocí mikrometrického odpichu je dostatečné, ale aby se určila ovalita, musí se změřit několikrát průměr, vždy s pootočením odpichu a s naměřených několika hodnot určit přibližnou ovalitu;
- roztečná kružnice pro vrtání otvorů v přírubě na první i druhé straně označeno písmenem P₁, P₂ = $(940 \pm 0,4)$ mm, měří se pomocí příložné šablony; měření roztečné kružnice vrtání je pomocí šablony dostatečné;
- soustřednost osazení B vůči paketu, S₁ = $\pm 0,3$ mm, měří se tak, že se ustaví kus na karusel na trn a pomocí číselníkového úchylkoměru určí soustřednost; tato metoda je neakceptovatelná, způsobuje mnoho vnesených chyb a nikdy se neshodujeme s naměřenými hodnotami zákazníka, který provádí kontrolu na 3D souřadnicovém stroji;
- soustřednost osazení C vůči paketu, S₂ = $\pm 0,3$ mm, měří se tak, že ustavíme kus na karusel na trn a pomocí číselníkového úchylkoměru určí soustřednost; tato metoda je neakceptovatelná, způsobuje mnoho vnesených chyb a nikdy se neshodujeme

s naměřenými hodnotami zákazníka, který provádí kontrolu na 3D souřadnicovém stroji;

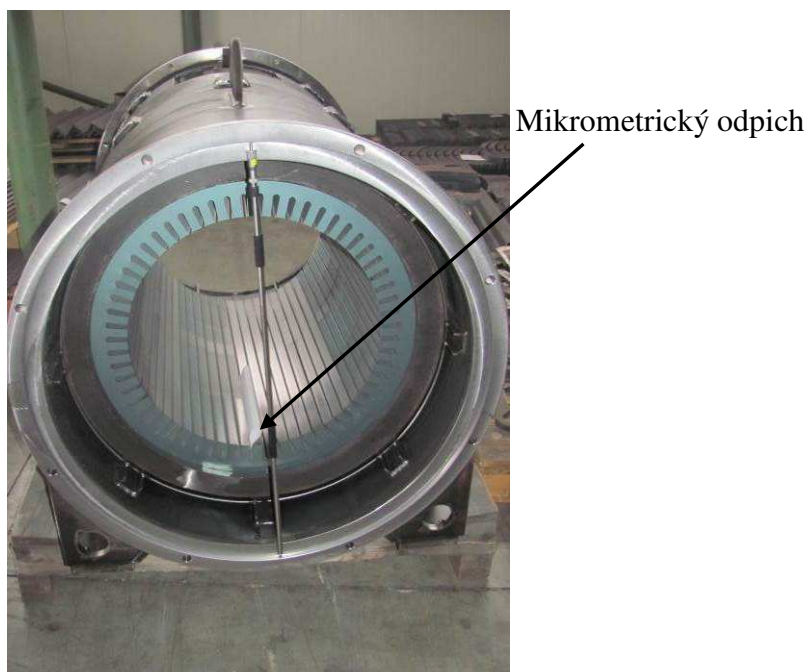
- soustřednost osazení B vůči druhému osazení C; $S_3 = \pm 0,15$ mm, měří se tak, že ustavím kus na karusel na trn a pomocí číselníkového úchylkoměru a určí se soustřednost; tato metoda je neakceptovatelná, způsobuje mnoho vnesených chyb a nikdy se neshodujeme s naměřenými hodnotami zákazníka, který provádí kontrolu na 3D souřadnicovém stroji;
- rovnoběžnost obrobených čel přírub A, E vůči sobě $R_O = 0,1$ mm, měří se pomocí posuvného měřidla; měří se několik hodnot mezi čely a na základě toho se určí, jaká je rovnoběžnost; z důvodu přesnosti posuvného měřidla a možné chyby při měření je tohle měření neakceptovatelné a také se takto nedá pořádně rovnoběžnost vyhodnotit;
- kolmost strany A vůči paketu $K_{O1} = 0,1$ mm, neměří se, pouze se vyplní do protokolu vyhovující hodnotu; vyplňovat hodnoty bez měření je ze strany zákazníka nepřijatelné;
- kolmost strany E vůči paketu $K_{O2} = 0,1$ mm, neměří se, pouze vyplním do protokolu vyhovující hodnotu.

Vyplňovat hodnoty bez měření je ze strany zákazníka nepřijatelné.



Posuvné měřidlo

Obr. 14 Ukázka měření celkové délky posuvným měřidlem

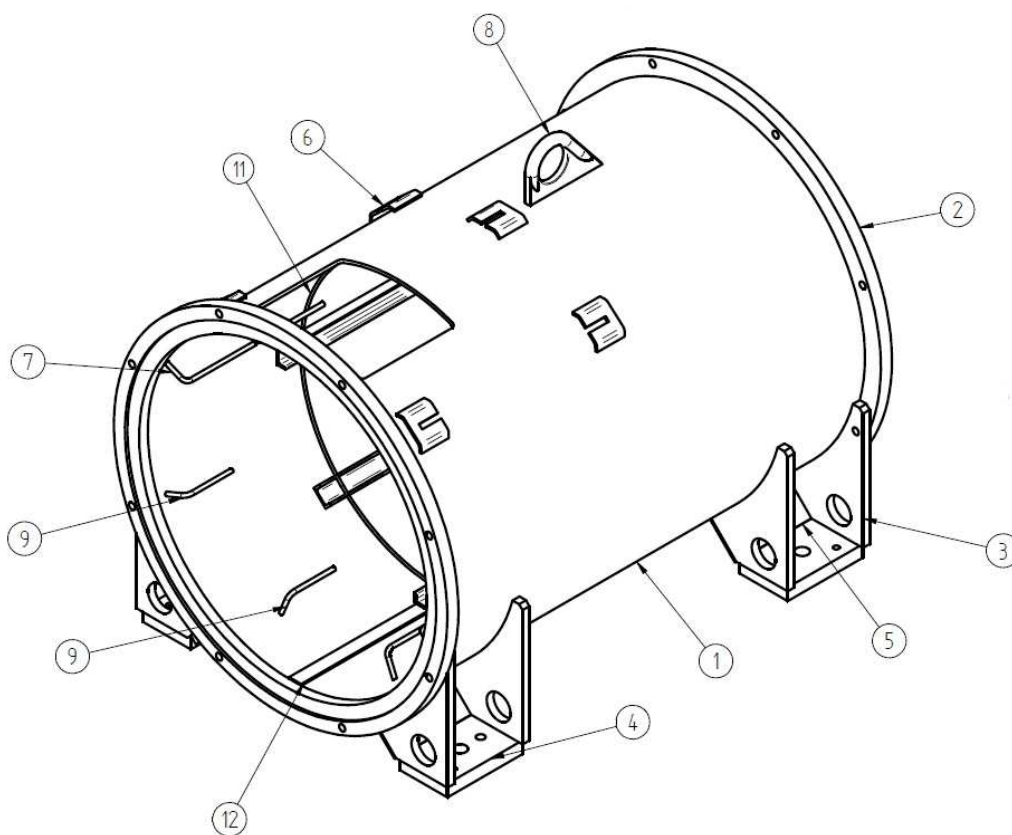


Obr. 15 Ukázka měření zámku pomocí mikrometrického odpichu

Zde se ukázalo, že stav z pohledu metrologie parametrů, které vyžaduje zákazník měřit na každém výrobku, je neakceptovatelný. Pro zákazníka jsou tyto metody měření nepříjemné a také se naměřené hodnoty neshodují s naměřenými hodnoty na vstupní kontrole u zákazníka na 3D měřícím stroji. Důsledkem toho je zvýšené množství reklamací, protože nejsem schopen zajistit potřebný způsob měření jednotlivých parametrů.

4 NÁVRH RACIONALIZACE VÝROBY VYBRANÉHO PŘEDSTAVITELE Z OHLEDEM NA SPLNĚNÍ POŽADAVKŮ NA ROZMĚROVOU A TVAROVOU PŘESNOST

V této kapitole se budu zabývat jednotlivými návrhy, jak v procesu výroby, tak i v procesu kontroly. Na obr. 16 máme znázorněný stator s pozicemi. Obrázek slouží pro představu při popisování jednotlivých variant.



Obr. 16 Schéma statoru s označenými pozicemi

Návrhy variant z pohledu racionalizace výroby svařence:

Varianta č. 1

Jsem navrhl zhotovení jednoduchých přípravků a šablon, které nám nahradí rozměrování pomocí svinovacích metrů a orýsování pro ustavení jednotlivých pozic, které jsou označeny na obr 16.

To znamená, že začátek bych ponechal stejný jako u stávající výroby. Jednalo by se tedy o urychlení a zpřesnění ustavení pomocí přípravku u pozic č. 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13.

Nevýhody:

- malá časová úspora výroby svařence;
- nepřesné ustavení všech potřebných pozic pro výrobu svařence.

Výhody:

- rychlé zhotovení přípravků;
- nízké pořizovací ceny přípravků.

Varianta č. 2

Jsem navrhl s ohledem na počet vyráběných kusů a efektivnost výroby udělat přípravky na všechny pozice a tím ušetřit celkový čas výroby svařence.

To znamená, že jsem navrhl udělat přípravek pro seskládání takto:

- ustaví se příruba na přípravek (obr. 16, pozice č. 2). Poté se usadí paket statoru, následně se usadí stočený plášť (obr. 16, pozice č. 1);
- dále se usadí druhá příruba pomocí dalšího přípravku;
- pozice č. 3, 4, 5, 10 se poskládají a zavaří samostatně jako podsestava;
- podsestava patek se nebude jednotlivě usazovat za pomoci dvou lidí, ale navrhuji usazení všech patek do přípravku, který nám zajistí správnou polohu dle výrobního výkresu;
- ustaví se pozice č. 11, 12 stále ve stávajícím přípravku;
- poté se seskládaný a nastehovaný kus vytáhne z přípravku;
- pomocí dalšího přípravku se ustaví pozice č. 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13;
- taktéž bych udělal přípravek pro polohování a svařování jednotlivých svárů.

Nevýhody:

- časově náročná výroba přípravků;
- vysoká pořizovací cena přípravků.

Výhody:

- velká časová úspora výroby svařence;
- přesné ustavení všech potřebných pozic pro výrobu svařence

Z pohledu racionalizace výroby svařence volím variantu č. 2, kterou se budu dále podrobněji zabývat. Předpokládám, že ušetřím celkový čas výroby svařence. Také tato varianta ušetří práci s ustavováním svařence na obráběcí stroje, jelikož budou všechny vyrobeny ve stejné přesnosti.

Návrhy variant racionalizace výroby při obrábění:

Variantu č. 1

Postup navrhuji následovně:

- upínací trn (obr. 9) ukázaný ve stávajícím stavu se upraví tak, aby jej bylo možné upnout na stůl horizontální vyvrtávačky (obr. 12);
- upínací trn se upne na střed stolu horizontální vyvrtávačky. Toto upnutí bude jednoduše sloužit k obrobení požadované osové výšce, označeno písmenem H na (obr.13), která je podle výkresu $H = (499,5 \pm 0,8) \text{ mm}$;
- na upínacím trnu se mimo ofrézování patek na požadovanou osovou výšku vyvrtají do patek díry a závity podle výrobního výkresu;
- sundá se dílec z upínacího trnu ze stolu horizontální vyvrtávačky;
- po tomto úkonu se na stůl ustaví přípravek, čtyři nohy (obr. 17), které se používají na jinou výrobu;



Obr. 17 Nohy pro ustavení

- na tyto nohy se stator postaví patkami. Proběhne rozměření kusu pomocí obrobkové sondy (obr. 18) a určí se výchozí bod pro obrábění;



Obr. 18 Obrobková sonda [11]

- poté by už následovalo samotné obrábění statoru tak, že by se ofrézovalo čelo příruby, zámek příruby a vyvrtaly v přírubě otvory;
- následně by se kus pomocí rotace stolu horizontální vyvrtávačky otočil o 180° a obrobilo se druhé čelo a tím i celková požadovaná délka statoru, obrobil by se zámek příruby a vyvrtaly otvory na druhé přírubě.

Nevýhody:

- malá časová úspora;
- nesplňuje potřebné obrobení všech důležitých parametrů;
- obrábění vyžaduje více operací.

Výhody:

- využití stávajících přípravků.

Varianta č. 2

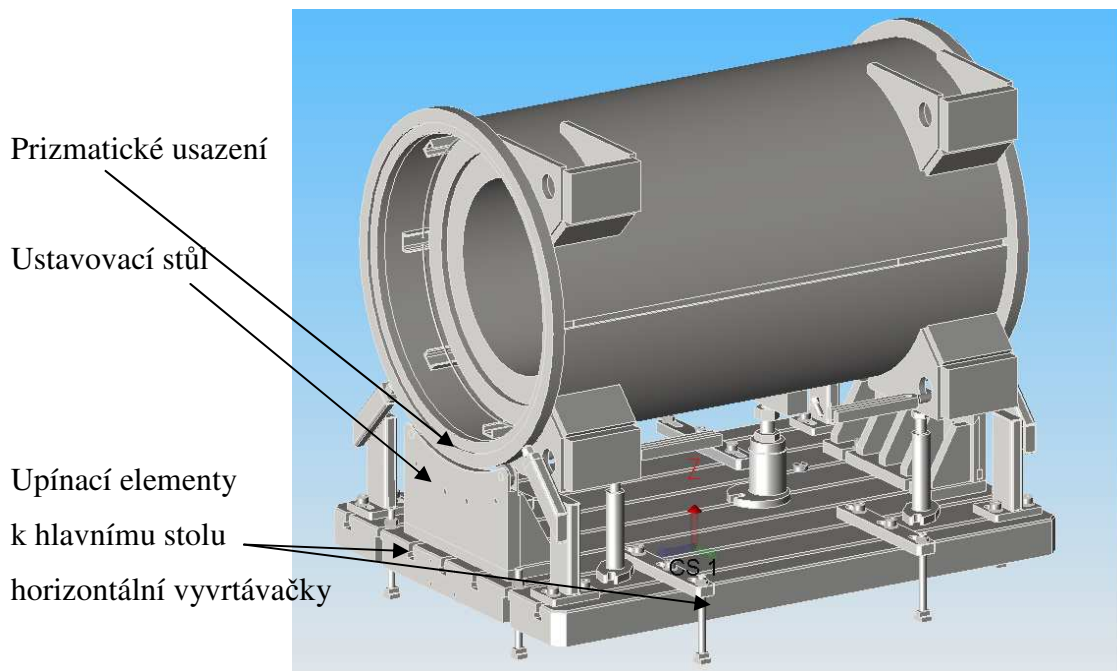
Jsem navrhl výrobu přípravku, na kterém by se celý stator obrobil na jedno upnutí.

U této varianty volím následující řešení:

- přípravek je ustavovací stůl, který se upne na stůl horizontální vyvrtávačky;
- aby se stator obrobil na jedno upnutí, navrhuji jej upnout v poloze, kdy stator leží. Musí se upnout takovým způsobem, aby všechny plochy a otvory, které se mají obrábět, byly volné a nevadil tam žádný upínací element;
- na navržený upínací stůl bude vyrobeno prizmatické usazení, do kterého se usadí příruby statoru. Jedno z prizmat bude nastavitelné, aby se stator mohl ustavit v ose Y. Osa X se srovná natočením stolu. Osy slouží k určení výchozího nulového bodu pro obrábění;

- tímto se docílí, že se obrobí čelo příruby, zámek a vyvrtají se otvory. Při otočení o 180° se obrobí druhé čelo příruby, zámek a vyvrtají se otvory. Při otočení o 90° se dosáhne polohy, při které se obrobí patky na požadovanou osovou výšku a vyvrtají se v nich otvory.

Před realizací této varianty jsem udělal jednoduchou 3D vizualizaci (obr. 19) pro představu komplexního přípravku – viz obr. 19.



Obr. 19 3D vizualizace varianty B

Nevýhody:

- časově náročná výroba přípravku;
- vysoká pořizovací cena přípravku.

Výhody:

- dodržení všech důležitých parametrů při obrábění.
- obrábění na jednu operaci;
- velká časová úspora.

Varianta č. 3

Jsem navrhl koupi nového stroje, který bude splňovat návrhy varianty 2 a navíc bude mít paletizační systém (obr. 20). To znamená, že na jednom stole se bude obrábět a na druhém stole chystat další stator nebo jiná výrobu. Nebude potřebný žádný přídavný stůl. Prizmata by se upnula přímo na stůl horizontální vyvrtávačky.



Obr. 20 Horizontální vyvrtávačka s paletizačním systémem [12]

Nevýhody:

- prostor pro novou horizontální vyvrtávačku;
- velmi vysoká pořizovací cena horizontální vyvrtávačky.

Výhody:

- dodržení všech důležitých parametrů při obrábění;
- obrábění na jednu operaci;
- velká časová úspora.

S pohledu racionalizace obrábění statoru volím variantu č. 2, kterou se budu dále podrobněji zabývat. Ze všech variant ji vidím nejvíce vhodnou a věřím, že po dosažení předpokládaných časových úspor se potřebná investice na realizaci přípravku velice rychle vrátí.

5 NÁVRH RACIONALIZACE KONTROLY PARAMETRŮ VYBRANÉHO PŘEDSTAVITELE

Ve třetí kapitole jsem uváděl stávající stav kontroly parametrů s pohledu metrologie. Stávající stav kontroly je neakceptovatelný ze strany zákazníka, který vyžaduje měření kritických parametrů na každém kuse. Metody, které se současně používají, jsou nepřesné, dokonce některé parametry se nedají vůbec změřit.

Z tohoto důvodu je zákazník nucen na vstupní kontrole dělat kontrolu na každém dodávaném statoru. V poslední době stoupla výroba statoru a zákazník nemá kapacity na kontrolu každého dodávaného statoru.

Ze strany zákazníka byl dán radikální požadavek. Vyřešit problém metrologie tak, abychom garantovali přesnost měřených kritických parametrů. Dodávané statory se budou namátkově měřit, odchylky v měření musí být minimální. V případě nesplnění těchto podmínek hrozí změna dodavatele.

S tohoto pohledu navrhuji pro kontrolu parametrů následující varianty:

Varianta č. 1

Jsem navrhl koupi 3D měřicího stroje (obr. 21), na kterém se bude moct celý stator proměřit. Výstupem budou naměřené hodnoty.

U této varianty předpokládám největší shodu naměřených hodnot s hodnotami naměřenými na vstupní kontrole u zákazníka.

Uvádím také konkrétní návrh 3D měřících strojů: CENTERMAX od firmy ZEISS, Zenith od firmy Aberlink, CRYSTA-Apex S1200 od firmy Mitutoyo, Premier od firmy Metrotec, GLOBAL eXtra od firmy Hexagon a další.



Obr. 21 3D měřicí stroj firmy ZEISS [13]

Nevýhody:

- vysoká pořizovací cena stroje, odhad cca 5 000 000,- Kč;
- náročnost na prostor, který navíc musí být klimatizovaný na předepsanou teplotu.

Výhody:

- velmi přesné měření.

Varianta č. 2

Zde jsem navrhl levnější způsob varianty č. 1 a to jsou tzv. měřicí ramena (obr. 22). Těmito měřicími rameny se zabývají stejné firmy, které nabízí 3D měřicí stroje. Navrhuji např. měřicí rameno CimCore arm od firmy Metrotest (obr. 22).



Obr. 22 Měřicí rameno firmy Metrotest [14]

Princip fungování je obdobný jako u 3D měřících strojů, popsáno výše. Podstatný rozdíl je v měřené přesnosti. Ramena mají určité délky a navíc jsou mezi sebou spojeny kloubovým uložením, které již vnáší chyby měření a výsledek není tak přesný jako u 3D měřících strojů.

Nevýhody:

- vyšší pořizovací cena, odhad cca 1 500 00,- Kč;
- menší přesnost měřených parametrů;
- vliv rozdílných teplot při každodenním měření, pokud není klimatizovaná místnost pro měření;
- méně přesné měření než u 3D měřících strojů.

Výhody:

- přenosné, tudíž se s nimi může pracovat a měřit kdekoliv ve firmě;
- nenáročné na prostor.

Varianta č. 3

Jsem navrhl měření za použití obráběcího stroje s využitím obrobkové sondy pro měření parametrů. Jedná se o počítačový software, který se nainstaluje do PC. V tomto softwaru se za pomoci 3D modelu navolí požadované parametry pro měření. Následně se po-

mocí post procesoru (slouží k převodu vytvořené simulace měření na PC do jazyku stroje), nahraje měřicí program do obráběcího stroje. Po obrobení statoru se pouze spustí měřicí program. Po tomto měření dostanu v textové podobě výsledky. Výsledný textový soubor se nahraje zpětně do softwaru, kde se převede na měřicí protokol.

Tento protokol je výstupem měření stejně tak jako u předchozích navrhovaných variant.

Nevýhody:

- malá přesnost měřených parametrů, vnáší se zde chyba obráběcího stroje;
- nutnost pravidelné kontroly přesnosti obráběcího stroje;
- vliv rozdílných teplot při každodenním měření, pokud nemáme klimatizovanou místnost pro měření;
- zaměstnání obráběcího stroje neproduktivní výrobou.

Výhody:

- nízká pořizovací cena, odhad cca 160 000,- Kč.

Z uvedených variant volím variantu č. 3. Jednak z cenového hlediska, tak i pro tolerance rozměrových a geometrických parametrů, vidím tuto variantu jako dostačující.

S pohledu kontroly stroje by se měl kontrolovat v pravidelných intervalech i při běžné výrobě.

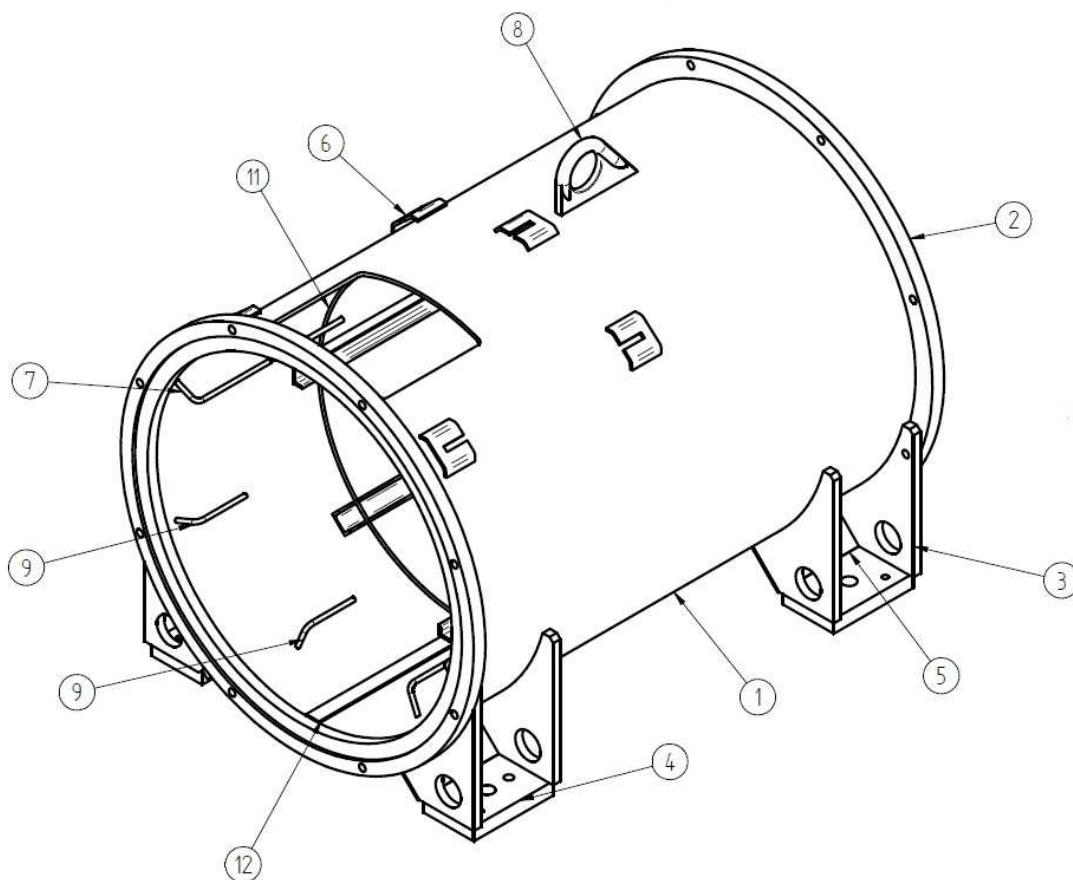
Může vzniknout tzv. neproduktivní čas (je to čas, kdy stroj měří a nevyrábí). Z mého pohledu měření na stroji není časově náročné. Naopak zde vidím výhodu. Pokud jeden z parametrů bude mimo toleranci, který budeme moct opravit před frézováním, ušetří se tím čas, kdy by musel jít stator zpět na obráběcí stroj a znovu jej ustavovat.

6 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ VČETNĚ HODNOCENÍ

V této kapitole se budu zabývat ověřováním navržených variant výroby statoru, s pohledu výroby svařence, obrábění statoru a metrologie statoru.

6.1 Praktické ověření zvolené varianty č. 2 výroby svařence

Pro představu podrobného postupu výroby svařence nově zvolenou technologií za pomocí vyrobených přípravků využiji již známé celkové schéma (obr. 23), kde jsou označeny jednotlivé pozice.



Obr. 23 Schéma statoru s označenými pozicemi

Technologický popis varianty č. 2 pro výrobu svařence:

- jako první se stočí plášť statoru na stáčecích válcích (obr. 24, pozice č. 1). Tato operace je shodná s dosavadní výrobou, kde se nic nemění;



Obr. 24 Stáčecí válce plechů

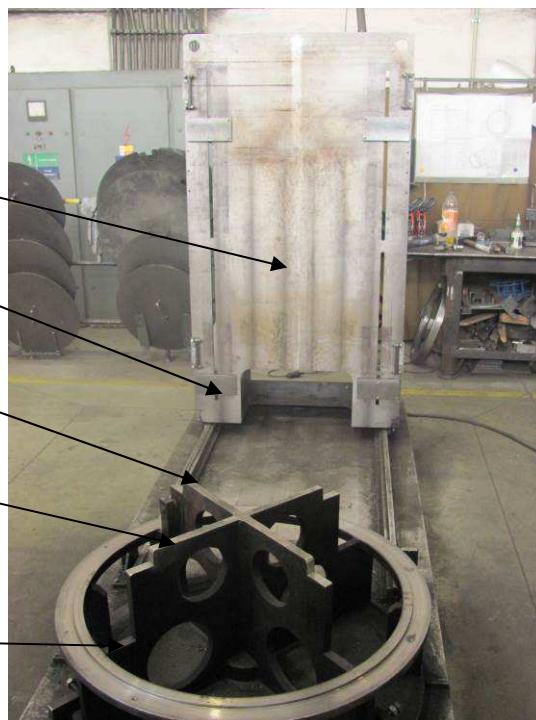
- dále se pracuje s přípravky. Skládání statoru se provádí v přípravku TU-1873-15 (obr. 25);

Pohyblivá deska

Plocha pro ustavení patky
vedení, po které se pohybuje
pohyblivá deska

Kříž pro usazení paketu, který
slouží k dodržení požadované
výšky od čela příruby

Kruh pro ustavení příruby



Obr. 25 Přípravek pro seskládání statoru

- na kruh pro ustavení příruby se usadí příruba, pozice č. 2 (obr. 26), která má před obrobený zámek, ten slouží k zafixování příruby;

Příruba statoru



Obr. 26 Ustavení příruby

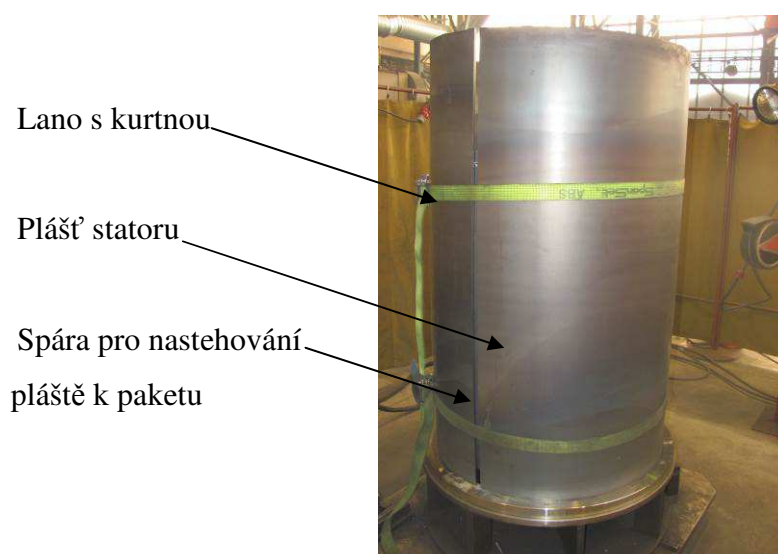
- dále se vsadí paket na usazovací kříž (obr. 27);

Paket statoru



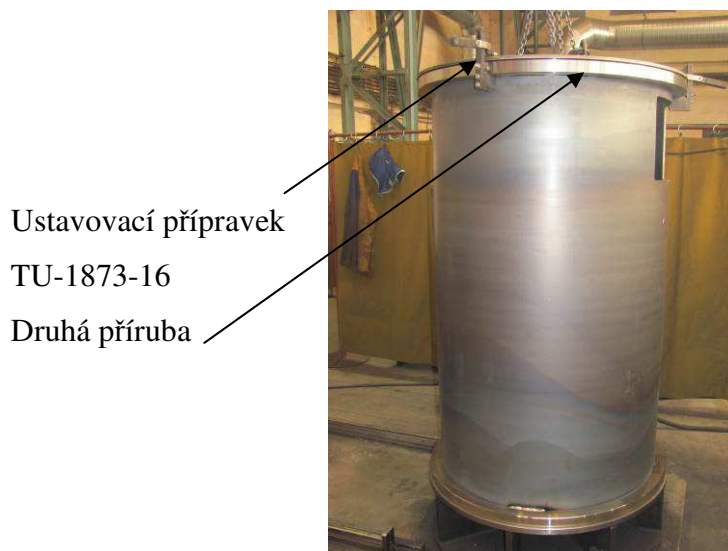
Obr. 27 Usazení paketu

- dalším úkonem je ustavení pláště na přírubu a stažení k paketu statoru. Tento úkon znázorňuje obr. 28, pozice č. 1 a č. 2. Plášť se musí stáhnout pomocí lana a kurtny, aby se docílilo obepnutí paketu statoru a nevznikla tak mezi paketem a pláštěm mezera;



Obr. 28 Usazení pláště statoru

- takto obepnutý plášť se v místě spáry nastahuje, aby se mohlo lano odstranit;
- nyní se ustaví druhá příruba, taktéž s před obrobeným zámkem, za pomoci přípravku TU-1873-16, znázorněno na obr. 29;



Obr. 29 Usazení druhé příruby

- pozice č. 3, 4, 5, 10 se poskládají v přípravku TU-1873-17, ve kterém se nastahují samostatně jako podsestava. Jedná se o patky statoru, které se nastahují na plášť statoru;
- pro ustavení patek slouží upínací plochy, které jsou na pohyblivé desce, znázorněné na obr 25. Ustavení patek znázorňují obr. 30, 31.



Obr. 30 Upnutí patek v přípravku



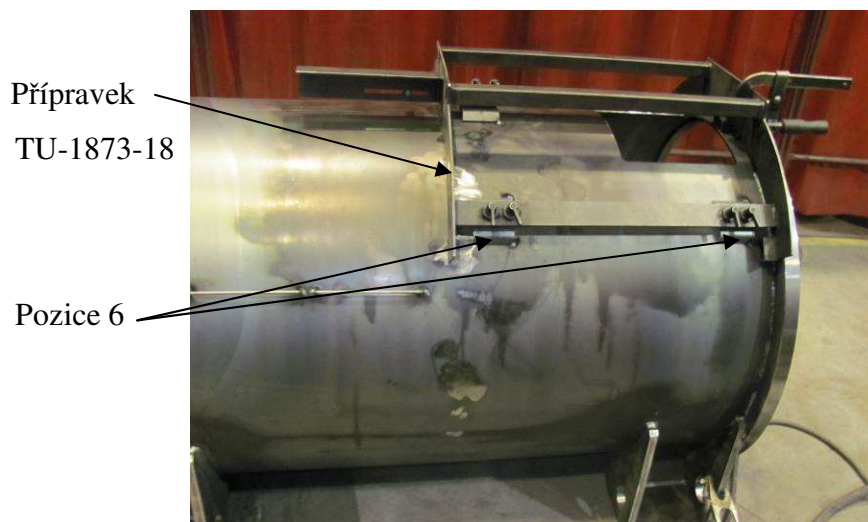
Obr. 31 Přisunutí pohyblivé části s patkami k plášti statoru

- nyní se nastehují patky k plášti statoru. Odepnou se upínky, které drží patky, odjede se pohyblivou částí zpět do základní polohy;
- v přípravku TU-1873-15 se ustaví pozice č. 11, 12 (obr. 32). Tyto pozice se musí ustavit z plošiny;



Obr. 32 Usazení krycího plechu pozice č. 12 a stočené kulatiny pozice č. 11

- takto nastehovaný stator se sundá za pomoci jeřábu z přípravku;
- stator se z vnější strany celý zavaří;
- ustaví se pozice č. 6 pomocí přípravku TU-1873-18 (obr. 33);



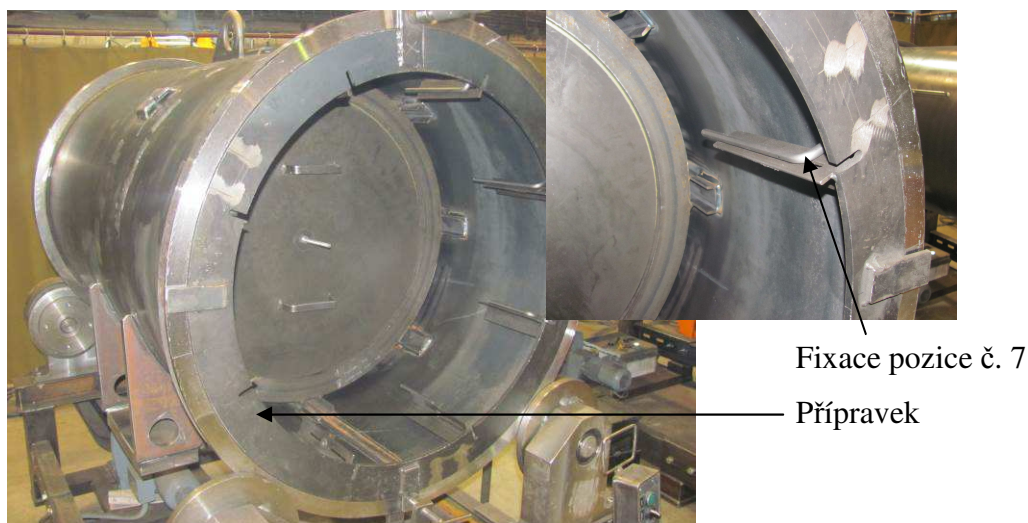
Obr. 33 Ustavení pozice č. 6 za pomoci přípravku

- stator se usadí do polohovadla (obr. 34). Zde pomocí svinovacího metru, dle rozměru uvedeného na výrobním výkrese, se nastehuje pozice č. 8;



Obr. 34 Polohovadlo

- v polohovadle se zafixuje za pomoci přípravku TU-1873-18, pozice č. 7 a 9. Operace je znázorněna na obr. 35;



Obr. 35 Zafixování pozic č. 7 a 9.

- pomocí polohovadla, které je elektricky ovládáno, se otáčí se statorem. Jak se stator otáčí, tak svářeč varí s vnitřní strany příruby k plášti;
- stator je hotový. Usadí se na přepravní paletu.

Poznámka:

Jednotlivé sváry se musí svařovat podle technologického postupu svařování a předepsaných WPS.

Vyhodnocení zvolené varianty pro výrobu svařence

Zde se docílilo, po měření několika vyrobených statorů, oproti stávající výrobě svařence zpřesnění usazení jednotlivých pozic. S tím souvisí, že všechny svařence jsou vyrobeny s minimálními rozdíly.

Také zásadní vliv, který se zde projevil, je celkový čas výroby svařence. Při stávající výrobě byl výrobní čas 20 hod/ks. Čas vyplývající s racionalizace výroby mi vyšel s měření pracovního snímku dne 11 hod/ks.

Docílilo se ušetření 9 hod/ks což odpovídá částce 4 500,-Kč/ks.

6.2 Praktické ověření zvolené varianty č. 2 obrábění statoru

V této kapitole provedu ověření zvolené varianty č. 2 pro obrábění statoru s využitím navrženého přípravku ve formě přídatného stolu.

Technologický popis varianty č. 2 pro obrábění statoru:

- na stůl horizontální vyvrtávačky se usadí přípravek, který upneme ke stolu horizontální vyvrtávačky;
- stator se usadí na přídatný stůl s prizmatickým uložením, do kterého se posadí tak, aby se mohlo provést celé obrobení na jedno upnutí, znázorněno na obr. 36;



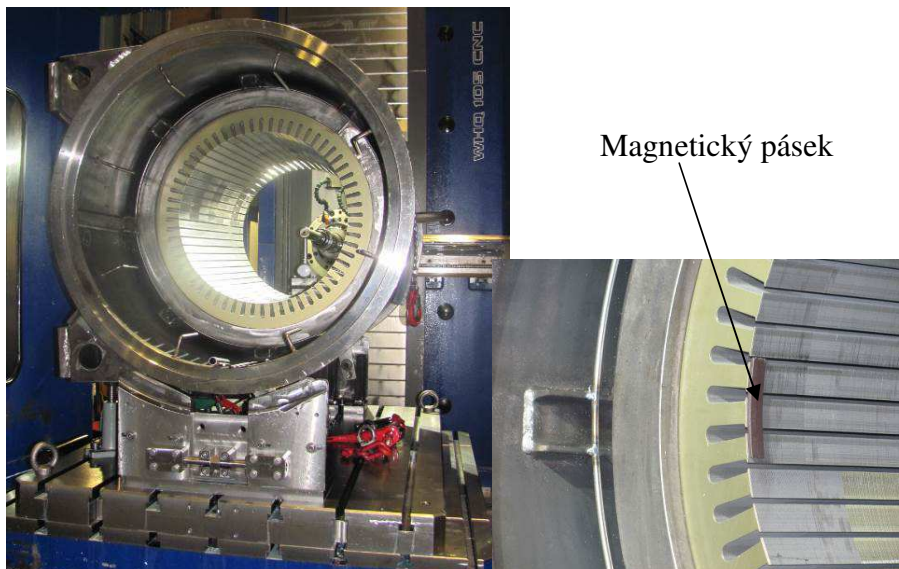
Obr. 36 Usazení statoru v přípravku s prizmatickým uložením

- musí se zvolit nulový (výchozí) bod pro obrábění, za pomoci obrobkové sondy (obr. 18) a za pomoci magnetických pásků znázorněno na obr. 37.

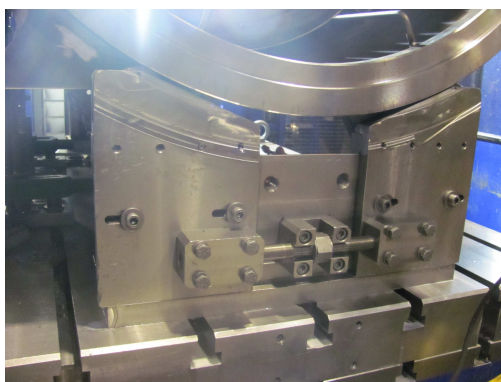
Nulový bod se volí následovně:

- osa $X = 0$ střed paketu statoru (rozměří se střed paketu na jedné straně vůči středu paketu na druhé straně, rozdíl se dorovná natočením stolu);
- osa $Y = 0$ střed paketu statoru (rozměří se střed paketu na jedné straně vůči paketu na druhé straně, rozdíl se musí dorovnat pomocí stavitelného prizmatického uložení (obr. 38);

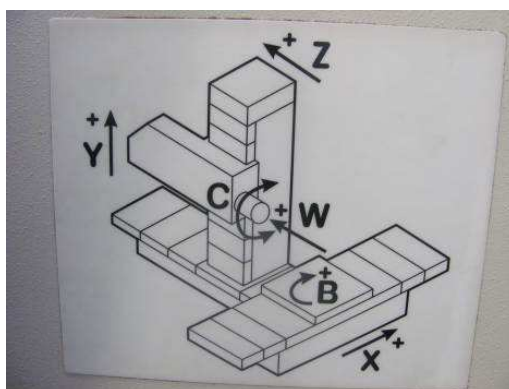
- osa $Z = 0$ naměřená hodnota 185 mm od paketu statoru vyplývající z výrobního výkresu (sonda se dotkne v ose Z paketu a následně se tento bod posune o 185 mm a vloží se 0), souřadný systém nám znázorňuje obr. 39;



Obr. 37 Určení nulového bodu

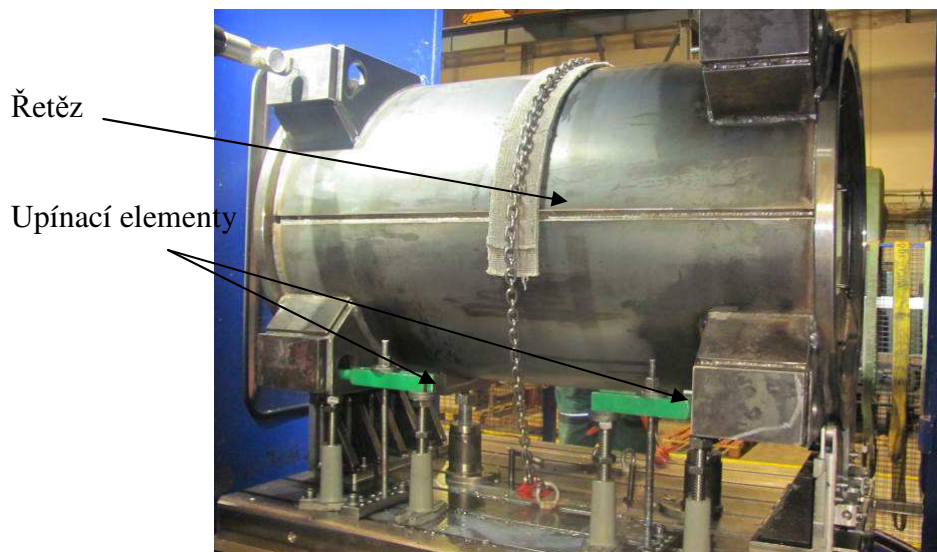


Obr. 38 Stavitelné prizmatické uložení



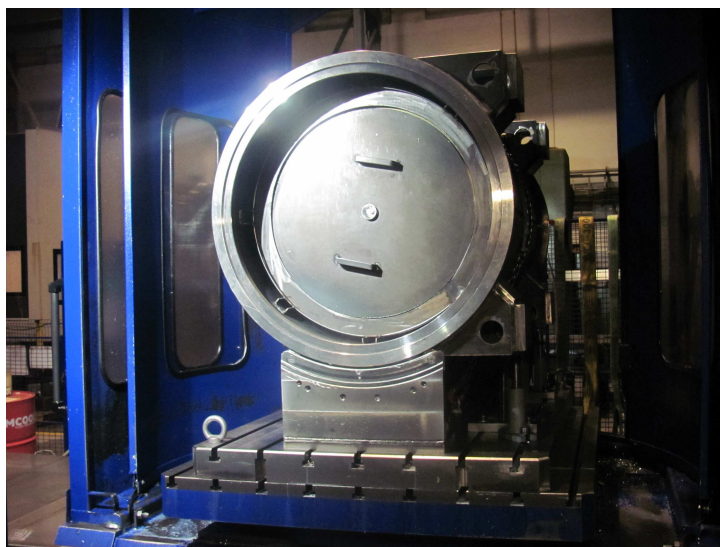
Obr. 39 Souřadný systém stroje

- po zvolení nulového bodu pro obrábění se stator upne za pomoci upínek a řetězu tak, aby nedošlo při obrábění k posunutí nebo pootočení statoru (obr. 39);



Obr. 39 Upnutí statoru

- před samotným obráběním se musí provést zakrytí paketu statoru (obr. 40), aby se eliminoval výskyt třísek z obrábění, které by se jinak dostaly do paketu. To by mělo za následek pracné čištění.



Obr. 40 Zakrytí paketu pomocí plechů

- nyní se může přejít k samotnému obrábění. Na disku horizontální vyvrtávačky se spustí CNC program, který má shodný název s typem, který je uvedený v razítku na výrobním výkrese. Program je zpracován tak, že se obrobí čelo příruby, zámek a

vyvrtají se otvory. Stůl se otočí o 180° , obrobí se druhé čelo příruby, zámek a vyvrtají se otvory. Poté se otočí o 90° , kdy se obrobí patky na požadovanou osovou výšku a vyvrtají se do patek otvory.

Vyhodnocení zvolené varianty pro obrábění statoru

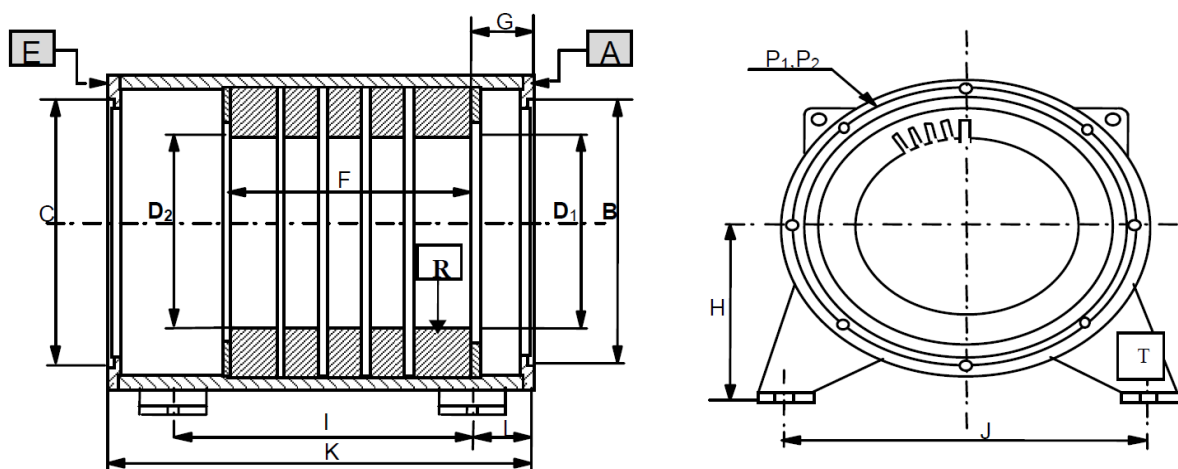
Zde se projevila výhoda obrábění na jedno upnutí oproti stávajícímu stavu. Obráběním na jedno upnutí došlo k eliminaci chyb a nepřesností spojených s přepínáním statoru na další obráběcí stroje.

Dalším zásadním jevem je snížení celkového času upnutí a opracování statoru. Při stávající výrobě máme čas obrábění 12,5 hod/ks. Čas vyplývající s racionalizace obrábění několika svařenců, kde jsem měřil čas obrábění, mi vyšel 6,2 hod/ks.

Docílilo se ušetření 6,3 hod/ks, což odpovídá částce 6 300,- Kč/ks.

6.3 Praktické ověření zvolené varianty č. 3 kontroly parametrů statoru

Pro praktické ověření jsem si vybral od firmy Renishaw software Productivity+. Tento software se nainstaluje do PC, vloží se požadovaný 3D model pro měření a postupně se navolí parametry, které chceme změřit. Nyní názorně ukážu postup vytvoření programu pro měření kritických parametrů (obr. 42). Tyto parametry máme označeny na obr. 41.

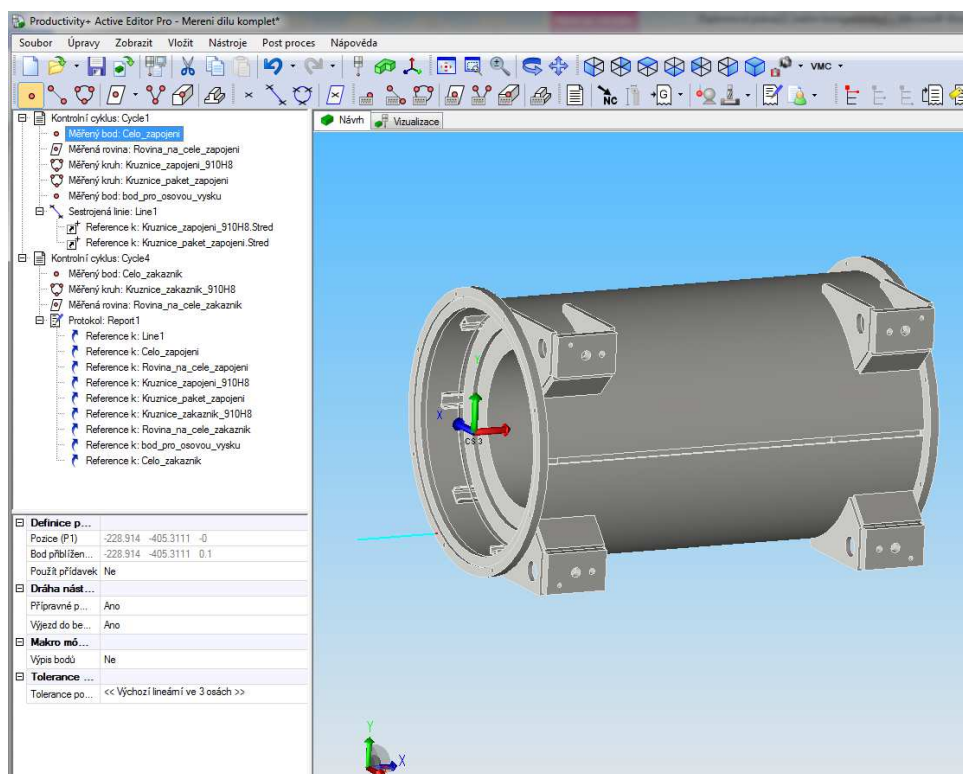


Obr. 41 Schéma s označenými kritickými parametry

Protože k praktickému ověření návrhu jsem použil variantu č. 3 s využitím obrobkové sondy pro měření parametrů přímo na obráběcím stroji, budou se zde měřit pouze tyto parametry:

- celková délka kusu $K = (1500 \pm 0,2)$ mm;
- osová výšku od středu kusu po spodní plochu patek $H = (499,5 \pm 0,8)$ mm;
- průměr osazení na straně A označen písmenem B: $\varnothing 910$ H8;
- průměr osazení na druhé straně označen písmenem C: $\varnothing 910$ H8;
- vnitřní průměry paketu na straně A i na druhé straně označeny písmenem $D_1, D_2 = (541,2 \pm 0,1)$ mm;
- soustřednost osazení B vůči paketu, $S_1 = \pm 0,3$ mm;
- soustřednost osazení C vůči paketu, $S_2 = \pm 0,3$ mm;
- soustřednost osazení B vůči druhému osazení C, $S_3 = \pm 0,15$ mm;
- kolmost strany A vůči paketu $K_{O1} = 0,1$ mm;
- kolmost strany E vůči paketu $K_{O2} = 0,1$ mm.

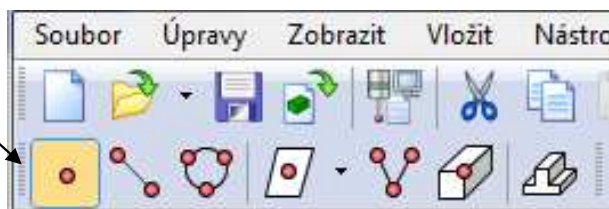
Zbylé hodnoty se doměří na výstupní kontrole pomocí posuvných měřidel a hloubkoměrů, aby se zbytečně nezdržoval produktivní čas horizontální vyvrtávačky.



Obr. 42 Znáznornění vytvoření programu pro měření

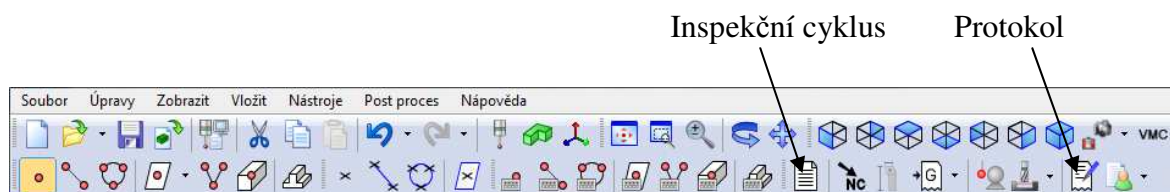
Pro vytvoření měřicího protokolu je důležitý druhý příkazový řádek (obr. 43), kde se vybere potřebné měření.

Měřený bod, měřená přímka, měřená kružnice, měřená rovina – 3 body, měřený 2D roh, měřený 3D roh, měřené žebro/kapsa.



Obr. 43 Příkazový řádek pro měření

Jako první krok je potřeba zvolit inspekční cyklus se souřadným systémem (obr. 44)



Obr. 44 Příkazový řádek

Všechny výběry z příkazových řádků se zobrazují na levé straně (obr. 42), kde je znázorněná struktura navolených měřících parametrů.

Pro měření druhé strany se musí zadat nový inspekční cyklus a otočit souřadný systém tak, aby byl shodný se souřadným systémem stroje. Poté se opět navolí potřebné měřící parametry.

Co se týče parametrů, vždy se vybere ten, který je potřebný a označí se na modelu kružnice, roviny atd., které je potřeba měřit.

Jako poslední operace se vloží z příkazového řádku protokol (obr. 44). Do protokolu se jednoduše pomocí myši přetáhnou všechny navolené parametry pro měření.

Následně pomocí post procesoru (slouží k převodu vytvořené simulace měření na PC do jazyku stroje) se uloží vytvořený program. Program se následně nahraje do horizontální vyvrtávačky. Jakmile se stator obrobí, je nutné provést kalibraci obrobkové sondy (obr. 18) pomocí kalibrační koule (obr. 45), která musí mít svůj kalibrační certifikát od výrobce (obr. 46).



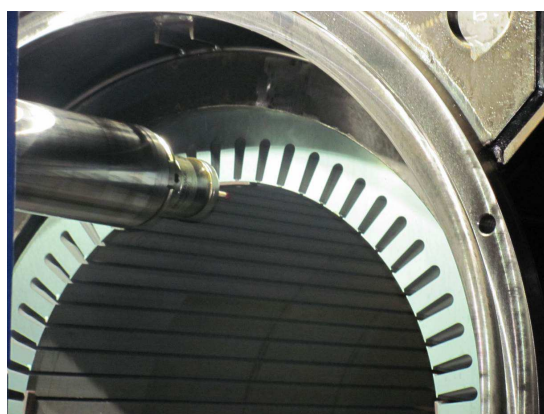
Obr. 45 Kalibrační koule

Nyní se může pustit měřicí vygenerovaný měřicí program.

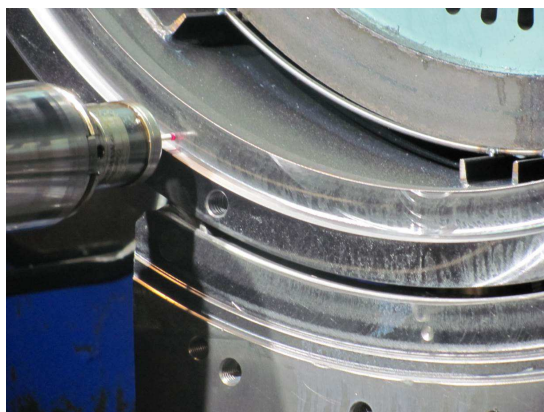
Ukázky z měření vidíme na obr. 47, 48, 49, 50:



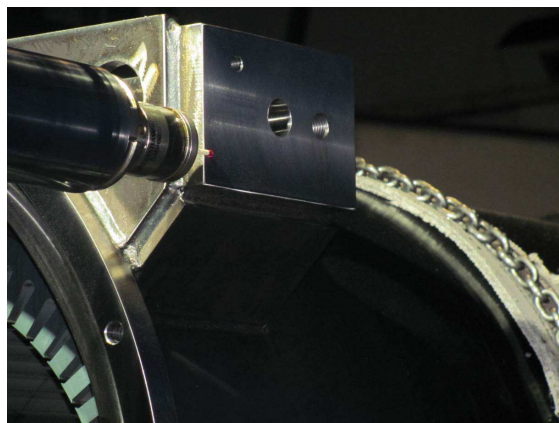
Obr. 47 Měření roviny čela statoru



Obr. 48 Měření průměru paketu



Obr. 49 Měření průměru osazení



Obr. 50 Měření osové výšky patek

Po dokončení programu se výsledky uloží na stroji do textového souboru. Níže ukázka zápisu průměru osazení B: Ø 910H8 mm.

Kružnice zapojení Ø 910H8

Název měř- ného param- tru	Zadaná hod- nota dle vý- kresu [mm]	Naměřená hodnota [mm]	Odchylka od zadané hod- noty [mm]	Dolní mezní tolerance [mm]	Horní mezní tolerance [mm]
Průměr	910,0000	910,1153	0,1153	0,0000	0,1000

Takto se nám zapíše všechny měřené parametry. Pro lepší orientaci je dobré přetáhnout celý textový soubor ze stroje do PC zpět do softwaru. Textový soubor se převede do výstupního protokolu - viz příloha D, s hlavičkou, který je obdobný jako z 3D měřicího stroje.

S tohoto protokolu se vyčtou a vyplní předepsané hodnoty do protokolu od zákazníka – viz příloha E. V případě rozdílných naměřených hodnot, nebo na vyžádání zákazníka, se k danému statoru vyhledá odpovídající změřený protokol.

Jelikož je to nová metoda měření, která se teprve zavádí do výroby, byly prozatím změřeny a vyhodnoceny 4 kusy, kde každý kus byl změřen touto novou metodou, pomocí obrobkové sondy 10 krát.

Nyní je zapotřebí určit vyjádření standartních nejistot typu A, B, kombinované nejistoty typu u_c a rozšířené nejistoty typu U

Ukázka výpočtu standartní nejistoty typu A, na parametru Ø 910H8 ($^{+0,14}_{+0}$) [mm]

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (6.1) [1]$$

kde:

x_i – měřená hodnota odpovídající danému počtu měření

\bar{x} – aritmetický průměr měřeného parametru

n – počet měření

Tab. 1 Naměřené hodnoty

i	x_i [mm]	Δx_i [mm]	Δx_i^2 [mm ²]
1	910,082	-0,012	0,000144
2	910,094	+0	0
3	910,108	+0,014	0,000196
4	910,107	+0,013	0,000169
5	910,089	-0,005	0,000025
6	910,094	+0	0
7	910,082	-0,012	0,000144
8	910,083	-0,011	0,000121
9	910,094	+0	0
10	910,107	+0,013	0,000169
n = 10	$\sum 9100,940$	$\sum 0$	$\sum 0,000968$

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (6.2) [1]$$

kde:

Δx_i – rozdíl naměřené hodnoty od vypočteného aritmetického průměru

Výpočet aritmetického průměru \bar{x} [mm]

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{9100,940}{10} = 910,094 \text{ [mm]}$$

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} \Delta x_i^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{0,000968}{10 \cdot (10-1)}} = 0,003 \text{ [mm]}$$

V tab. 2 je uvedena statistika parametrů s hodnotami určené nejistoty typu A pro každý měřený parametr. Vysvětlení označení parametrů viz. příloha E měřicí protokol.

Tab. 2 Statistika parametrů na 4 kusech statorů – standardní nejistota typu A

	Měřené parametry	1. kus $\pm u_A$	2. kus $\pm u_A$	3. kus $\pm u_A$	4. kus $\pm u_A$
B	$\varnothing 910H8 \left(\begin{smallmatrix} +0,14 \\ +0 \end{smallmatrix} \right)$ [mm]	910,094 $\pm 0,003$	910,103 $\pm 0,006$	910,078 $\pm 0,001$	910,121 $\pm 0,005$
C	$\varnothing 910H8 \left(\begin{smallmatrix} +0,14 \\ +0 \end{smallmatrix} \right)$ [mm]	910,097 $\pm 0,005$	910,105 $\pm 0,004$	910,077 $\pm 0,003$	910,116 $\pm 0,008$
D	$\varnothing 541,2 \pm 0,1$ [mm]	541,10 $\pm 0,01$	541,25 $\pm 0,05$	541,16 $\pm 0,07$	541,25 $\pm 0,04$
D	$\varnothing 541,2 \pm 0,1$ [mm]	541,23 $\pm 0,05$	541,13 $\pm 0,03$	541,15 $\pm 0,02$	541,22 $\pm 0,06$
F	$850 \begin{smallmatrix} +2 \\ +0 \end{smallmatrix}$ [mm]	$851,5 \pm 0,2$	$850,3 \pm 0,4$	$850,7 \pm 0,3$	$851,2 \pm 0,5$
G	$185 \pm 0,2$ [mm]	$185,6 \pm 0,06$	$185,7 \pm 0,05$	$185,6 \pm 0,06$	$185,5 \pm 0,05$
R	0,3 [mm]	$0,2 \pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,2$	$0,1 \pm 0,1$
H	$499,5 \pm 0,8$ [mm]	499,30 $\pm 0,02$	499,41 $\pm 0,01$	499,21 $\pm 0,06$	499,32 $\pm 0,04$
I	$1200 \pm 0,5$ [mm]	$1200,0 \pm 0,0$	$1200,0 \pm 0,0$	$1200,0 \pm 0,0$	$1200,0 \pm 0,0$
J	$750 \pm 0,8$ [mm]	$750,0 \pm 0,0$	$750,0 \pm 0,0$	$750,0 \pm 0,0$	$750,0 \pm 0,0$
K	$1500 \pm 0,2$ [mm]	1499,98 $\pm 0,03$	1499,88 $\pm 0,05$	1499,80 $\pm 0,06$	1499,95 $\pm 0,02$
L	$150 \pm 0,5$ [mm]	$150,0 \pm 0,0$	$150,0 \pm 0,0$	$150,0 \pm 0,0$	$150,0 \pm 0,0$
P ₁	$940 \pm 0,4$ [mm]	$940,0 \pm 0,0$	$940,0 \pm 0,0$	$940,0 \pm 0,0$	$940,0 \pm 0,0$
P ₂	$940 \pm 0,4$ [mm]	$940,0 \pm 0,0$	$940,0 \pm 0,0$	$940,0 \pm 0,0$	$940,0 \pm 0,0$
B/D	$\pm 0,3$ [mm]	$0,2 \pm 0,02$	$0,3 \pm 0,04$	$0,3 \pm 0,06$	$0,2 \pm 0,04$
C/D	$\pm 0,3$ [mm]	$0,2 \pm 0,03$	$0,3 \pm 0,05$	$0,3 \pm 0,04$	$0,2 \pm 0,03$
B/C	$\pm 0,15$ [mm]	0,038 $\pm 0,002$	0,042 $\pm 0,012$	0,056 $\pm 0,005$	0,047 $\pm 0,012$
E/A	0,1 [mm]	0,093 $\pm 0,007$	0,081 $\pm 0,006$	0,080 $\pm 0,008$	0,092 $\pm 0,005$
A/D	0,1 [mm]	0,081 $\pm 0,004$	0,078 $\pm 0,008$	0,083 $\pm 0,011$	0,089 $\pm 0,009$
E/D	0,1 [mm]	0,083 $\pm 0,012$	0,079 $\pm 0,005$	0,086 $\pm 0,007$	0,088 $\pm 0,011$

Ze statistiky vyplývá, že všechny 4 vzorky odpovídají požadovaným hodnotám ze strany zákazníka, avšak může se stát, že naměřené hodnoty mimo tyto parametry což může mít za následek, že je sator špatně obrobený nebo zde může být vnesena nejistota měření.

Nejistoty, které nám mohou ovlivnit měření:

1. vliv teploty, při které měření probíhá, se může pohybovat v intervalu $\pm 1^\circ\text{C}$, čímž může vzniknout nejistota $\pm 0,04$ mm
2. vliv geometrické seřízení obráběcího stroje, může způsobit nejistotu $\pm 0,06$ mm
3. nesprávnou kalibrací obrobkové sondy, může vzniknout nejistota $\pm 0,02$ mm
4. při měření nalepená nějaká nečistota na měřicí kuličce obrobkové sondy, může vzniknout nejistota 0,03 mm
5. špatně očištěný sator od nečistot v místech kde se měří, může vzniknout nejistota 0,02 mm

Výše uvedené nejistoty se nazývají standartní nejistoty typu B a vypočítá se ze vztahu:

$$u_B = \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{u_{z_j}}{m} \right)^2} \quad (6.3) [1]$$

kde:

m – koeficient pro výpočet dílčí nejistoty typu B

m volím pro rovnoměrné rozdělení $m = \sqrt{3} \approx 1,732$

j – celkový počet nejistot

Podíl určené nejistoty a koeficientem pro výpočet dílčí nejistoty u_{z_j} [mm]

$$u_{z_j} = z_j / m \quad (6.4) [1]$$

kde:

z_j – parametr zdroje nejistoty

Tab. 3 Tabulka pro určení standardní nejistoty typu B

j	z_j [mm]	u_{zj} [mm]	u_{zj}^2 [mm ²]
1	0,04	0,023	0,000529
2	0,06	0,035	0,001225
3	0,02	0,012	0,000144
4	0,03	0,017	0,000289
5	0,02	0,012	0,000144
$\sum 5$	0,17	0,099	0,002331

$$u_B = \sqrt{0,002331} = 0,048 \text{ mm}$$

Standardní nejistota typu B $u_B = 0,048 \text{ mm}$

Dále se musí spočítat kombinovaná standardní nejistota u_c ze vztahu:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (6.5) [1]$$

Ukáži také na parametru $\varnothing 910\text{H8 } \left(\begin{smallmatrix} +0,14 \\ +0 \end{smallmatrix} \right)$ [mm]

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0,003^2 + 0,048^2} = 0,048 \text{ mm}$$

S kombinované standardní nejistoty se dále vypočítá rozšířená nejistota U

$$U = k_u \cdot u_C \quad (6.6) [1]$$

kde:

k_u – součinitel pokrytí volím $p \approx 95\%$, $k_u = 2$

$$U = k_u \cdot u_C = 2 \cdot 0,048 = 0,096 \text{ [mm]}$$

Tab. 4 Statistika parametrů na 4 kusech statorů – rozšířená nejistota

	Měřené parametry	1. kus $\pm U$	2. kus $\pm U$	3. kus $\pm U$	4. kus $\pm U$
B	$\varnothing 910H8 \left(\begin{smallmatrix} +0,14 \\ +0 \end{smallmatrix} \right)$ [mm]	910,094 $\pm 0,096$	910,103 $\pm 0,097$	910,078 $\pm 0,096$	910,121 $\pm 0,097$
C	$\varnothing 910H8 \left(\begin{smallmatrix} +0,14 \\ +0 \end{smallmatrix} \right)$ [mm]	910,097 $\pm 0,097$	910,105 $\pm 0,096$	910,077 $\pm 0,096$	910,116 $\pm 0,097$
D	$\varnothing 541,2 \pm 0,1$ [mm]	541,10 $\pm 0,098$	541,26 $\pm 0,14$	541,16 $\pm 0,17$	541,25 $\pm 0,13$
D	$\varnothing 541,2 \pm 0,1$ [mm]	541,28 $\pm 0,14$	541,13 $\pm 0,11$	541,15 $\pm 0,10$	541,22 $\pm 0,15$
F	$850 \begin{smallmatrix} +2 \\ +0 \end{smallmatrix}$ [mm]	$851,5 \pm 0,4$	$850,3 \pm 0,8$	$850,7 \pm 0,6$	$851,2 \pm 1,0$
G	$185 \pm 0,2$ [mm]	$185,6 \pm 0,6$	$185,8 \pm 1,0$	$185,8 \pm 1,2$	$185,5 \pm 1,0$
R	0,3 [mm]	$0,2 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,2$	$0,3 \pm 0,4$	$0,1 \pm 0,2$
H	$499,5 \pm 0,8$ [mm]	499,30 $\pm 0,10$	499,41 $\pm 0,098$	499,21 $\pm 0,15$	499,32 $\pm 0,12$
I	$1200 \pm 0,5$ [mm]	$1200,0 \pm 0,1$	$1200,0 \pm 0,1$	$1200,0 \pm 0,1$	$1200,0 \pm 0,1$
J	$750 \pm 0,8$ [mm]	$750,0 \pm 0,1$	$750,0 \pm 0,1$	$750,0 \pm 0,1$	$750,0 \pm 0,1$
K	$1500 \pm 0,2$ [mm]	1499,98 $\pm 0,11$	1499,88 $\pm 0,14$	1499,80 $\pm 0,15$	1499,95 $\pm 0,10$
L	$150 \pm 0,5$ [mm]	$150,0 \pm 0,1$	$150,0 \pm 0,1$	$150,0 \pm 0,1$	$150,0 \pm 0,1$
P ₁	$940 \pm 0,4$ [mm]	$940,0 \pm 0,1$	$940,0 \pm 0,1$	$940,0 \pm 0,1$	$940,0 \pm 0,1$
P ₂	$940 \pm 0,4$ [mm]	$940,0 \pm 0,1$	$940,0 \pm 0,1$	$940,0 \pm 0,1$	$940,0 \pm 0,1$
B/D	$\pm 0,3$ [mm]	$0,2 \pm 0,10$	$0,3 \pm 0,12$	$0,3 \pm 0,15$	$0,2 \pm 0,12$
C/D	$\pm 0,3$ [mm]	$0,2 \pm 0,11$	$0,3 \pm 0,14$	$0,3 \pm 0,12$	$0,2 \pm 0,11$
B/C	$\pm 0,15$ [mm]	0,038 $\pm 0,096$	0,042 $\pm 0,099$	0,056 $\pm 0,097$	0,047 $\pm 0,099$
E/A	0,1 [mm]	0,093 $\pm 0,097$	0,081 $\pm 0,097$	0,080 $\pm 0,097$	0,092 $\pm 0,097$
A/D	0,1 [mm]	0,081 $\pm 0,096$	0,078 $\pm 0,097$	0,083 $\pm 0,098$	0,089 $\pm 0,098$
E/D	0,1 [mm]	0,083 $\pm 0,099$	0,079 $\pm 0,097$	0,086 $\pm 0,097$	0,088 $\pm 0,098$

V přílohách D až F dále uvádím příklady měřených protokolů za pomoci obrobkové sondy, vyplnění požadovaného protokolu pro zákazníka a zpětnou vazbu zákazníka.

Vliv na měření v našich podmínkách má okolní teplota. Teplota ovlivňuje roztažnost stroje. Dalším důležitým vlivem je geometrické seřízení obráběcího stroje. Tyto dva vlivy mohou být vážným problémem při měření. Tyto chyby se mohou ovlivnit pomocí obrobkové sondy, která se zkalibruje na kalibrační kouli (obr. 45) a to tak, že se kalibrační koule za pomoci magnetického stojánu upevní na stůl obráběcího stroje. Následně se na ni zkalibruje obrobková sonda. Tato kalibrace sondy slouží právě k tomu, že se naměřené hodnoty změřené za pomoci obráběcí sondy zapíše do tabulky korekcí, která je ve stroji. Během měření satoru, již obrobková sonda počítá s korekcí, kterou naměřila během kalibrace. Je nezbytně nutné hlídat okolní teplotu a v případě, že dojde ke změně teploty, je nutné provést kalibraci, aby nedošlo k měření, které by mělo za následek nesprávně vyhodnocené parametry. S tohoto důvodu se můžeme v měření provedené na obráběcím stroji, s porovnáním měření od zákazníka na 3D měřícím stroji v daných parametrech lišit. I přesto musí být odchylky mezi měřením u nás a u zákazníka srovnatelné.

Vyhodnocení zvolené varianty pro kontrolu parametrů satoru

S výsledku měření na horizontální vyvrtávačce, se docílilo srovnatelných naměřených hodnot jako u zákazníka. Jediná nevýhoda, která s tohoto vyplývá, je časový úsek 0,5 hod strojního času, pro který stroj nevykonává žádnou produktivitu. Jelikož jsem prokázal, že racionalizace výroby ušetřila poměrně dost času, tak 0,5 hod nevidím jako problém, aby se tento software nepořídil.

Vyhodnocení výpočtu nejistoty pro parametr $\varnothing 910H8 \begin{smallmatrix} +0,14 \\ +0 \end{smallmatrix}$ [mm]:

standartní nejistota typu A	$u_A = 0,003 \text{ mm}$
standartní nejistota typu B	$u_B = 0,048 \text{ mm}$
kombinovaná standartní nejistota	$u_C = 0,048 \text{ mm}$
rozšířená nejistota	$U = 0,096 \text{ mm}$

Takto se musí určit jednotlivé nejistoty, pro každý měřený parametr. Pouze standartní nejistota typu B bude mít vliv na každý parametr stejný.

Pro zvolený ukázkový parametr $\varnothing 910H8 \begin{smallmatrix} +0,14 \\ +0 \end{smallmatrix}$ [mm] vyšla rozšířená nejistota $U = 0,096 \text{ mm}$, se kterou by se mělo uvažovat, po změření daného parametru. V případě na

vybraném parametru pro ukázkou výpočtu, bych volil nastavení stroje tak, aby se zvolený parametr obráběl na hodnotu $\varnothing = 910,096$ mm, při zohlednění nejistoty pak dostaneme výsledek $\varnothing = (910,096 \pm 0,096)$ (mm). Tímto dovolená tolerance $^{+0,14}_{+0}$, může vlivem nejistoty nabývat maximálního rozměru 910,19 [mm]. Avšak pro výrobu s pohledu montáže, je přijatelnější, že by byl rozměr o pár stovek větší nad dovolenou horní toleranci, než aby se výsledný rozměr se zohledněním nejistoty pohyboval pod dolní mezní tolerancí parametru.

7 CELKOVÉ HODNOCENÍ

Po realizaci racionalizace výroby, obrábění a metrologie byl s tímto novým procesem celé výroby seznámen i zákazník. Dal najevo svoji spokojenost a tento nový proces schválil. Díky celkovým časovým úsporám se mohlo jít s cenou výrobku dolů, což zákazník ocenil tím, že přidal více objednávek, jelikož jsme se stali více konkurenceschopní s ostatními dodavateli.

Přestože se zlevnil finální výrobek, stále nám zůstala značná finanční úspora. Dále uvádím časové a finanční rozbor výroby původními technologiemi a vlivem racionalizace výroby a metrologie

7.1 Vyhodnocení původních technologií výroby svařence, obrábění a metrologie statoru s pohledu časového a finančního

- Časové výpočty na základě vyhodnocení pracovních snímků.

Výroba svařence: $t_s = 20$ hod

Počet svářečů: $c_s = 6$ osob

Odpracované hodiny za měsíc $t_{os} = \text{cca } 165$ hod/na osobu

Celkový počet odpracovaných hodin za měsíc při 6 lidech t_c :

$$t_c = t_{os} \cdot c_s = 165 \cdot 6 = 990 \text{ hod} \quad (7.1)$$

Původní měsíční kapacita vyrobených svařenců C_{Ps}

$$C_{Ps} = t_c / t_s = 990 / 20 = 49,5 \approx 50 \text{ ks} \quad (7.2)$$

Obrábění statoru $t_o = 12,5$ hod

Počet obráběčů $c_o = 4$ osoby

Odpracované hodiny za měsíc $t_{os} = \text{cca } 165$ hod/na osobu za měsíc

Celkový počet odpracovaných hodin za měsíc při 4 lidech t_c

$$t_c = t_{os} \cdot c_o = 165 \cdot 4 = 660 \text{ hod} \quad (7.3)$$

Původní měsíční kapacita vyrobených statorů C_{Po}

$$C_{Po} = t_c / t_o = 660 / 12,5 = 52,8 \text{ ks} \quad (7.4)$$

Musíme počítat s 50 kusy, které jsou schopni vyrobit svářeči.

S celkové výroby vyplývá, že musím jednoho obráběče zaměstnat 37,5 hodinami náhradní výrobou.

- Finanční vyhodnocení

Je uváděno na základě stanovených norem, které jsou násobeny hodinovou sazbou u svařování 500,- Kč/hod, u obrábění 1 000,- Kč/hod.

Výroba svařence

Stanovená cena svařence: $k_s = 10\,000,- \text{ Kč/ks}$

Celkový měsíční obrat svařenců P_s :

$$P_s = k_s \cdot C_{P_s} = 10\,000 \cdot 50 = 500\,000,- \text{ Kč} \quad (7.5)$$

Obrábění statoru

Stanovená cena obrobeného statoru: $k_o = 12\,500,- \text{ Kč/ks}$

Celkový měsíční obrat v obrábění P_o :

$$P_o = k_o \cdot C_{P_o} = 12\,500 \cdot 50 = 625\,000,- \text{ Kč} \quad (7.6)$$

- Původní metrologické vyhodnocení

Měření probíhalo za pomoci posuvných měřidel, hloubkoměrů, mikrometrických odpičů a dalšími potřebnými měřidly. Nebyli jsme schopni měřit geometrické tolerance, tím pádem byl zákazník nucen dělat na vstupní kontrole 100% kontrolu dodávaných statorů.

7.2 Vyhodnocení nově navržených technologií racionalizací výroby svařence, obrábění a metrologie statoru s pohledu časového a finančního

- Časové výpočty na základě vyhodnocení pracovních snímků uvedené v přílohách II a III.

Výroba svařence $t_{sr} = 11 \text{ hod}$

Počet svařičů $c_s = 6 \text{ osob}$

Odpracované hodiny za měsíc $t_{os} = \text{cca } 165 \text{ hod/na osobu}$

Celkový počet odpracovaných hodin při 6 lidech t_c

$$t_c = t_{os} \cdot c_s = 165 \cdot 6 = 990 \text{ hod} \quad (7.7)$$

Měsíční kapacita vyrobených svařenců po racionalizaci C_{Psr}

$$C_{Psr} = t_c / t_{sr} = 990 / 11 = 90 \text{ ks} \quad (7.8)$$

Obrábění statoru $t_{or} = 6,2$ hod

Počet obráběčů $c_o = 4$ osoby

Odpracované hodiny za měsíc $t_{os} = \text{cca } 165$ hod/na osobu za měsíc

Celkový počet odpracovaných hodin za měsíc při 4 lidech t_c

$$t_c = t_{os} \cdot c_o = 165 \cdot 4 = 660 \text{ hod} \quad (7.9)$$

Měsíční kapacita obrobených statorů po racionalizaci C_{Por}

$$C_{Por} = t_c / t_{or} = 660 / 6,2 = 106,5 \approx 107 \text{ ks} \quad (7.10)$$

S pohledu celkového počtu svařených proti obrobeným statorům vyplývá dvojí varianta.

1. Varianta

Zaměstnat ještě jednoho svářeče, kde poté bude výroba svařenců schopna pokrýt výrobu obráběných statorů.

2. Varianta

Vyplnit stroj jinými zakázky v rozsahu rozdílných hodin, což odpovídá rozdílem 17 ks po $6,2 \text{ hod} = 105,5 \text{ hod}$.

- Finanční vyhodnocení výroby, budeme vycházet s výrobou 90 ks .

Je uváděno na základě stanovených nově stanovených norem - viz. pracovní snímek dne příloha II a III, které jsou násobeny hodinovou sazbou u svařování $500,- \text{ Kč/hod}$, u obrábění $1\,000,- \text{ Kč/hod}$.

Výroba svařence

Stanovená cena svařence $k_s = 10\,000,- \text{ Kč/ks}$

Celkový měsíční obrat svařenců po racionalizaci P_{sr}

$$P_{sr} = k_s \cdot C_{Psr} = 10\,000 \cdot 90 = 900\,000,- \text{ Kč} \quad (7.11)$$

Obrábění statoru

Stanovená cena obrobeného statoru $k_o = 12\,500,- \text{ Kč/ks}$

Celkový měsíční obrát v obrábění P_{or}

$$P_{or} = k_o \cdot C_{por} = 12\,500 \cdot 90 = 1\,125\,000, -Kč \quad (7.12)$$

- Metrologické vyhodnocení po racionalizaci

Po zakoupení softwaru Productivity+ od firmy Renishaw, jsem docílil během ověřovací série kdy, byly měřeny 4 kusy statorů, že jsme schopni měřit i požadované geometrické tolerance, tím pádem nebude zákazník zatěžován 100% kontrolu na vstupu, ale pouze náhodným pro srovnání naměřených hodnot.

7.3 Porovnání původních technologií výroby s racionalizací technologie výroby

Za stejný měsíční pracovní fond při stejném počtu zaměstnanců jsem docílil navýšení výroby s původních 50 kusů na výrobu 90 kusů svařenců.

Původní měsíční obrát ve svařencích činil 500 000,- Kč.

Původní měsíční obrát v obrábění statorů činil 625 000,- Kč.

Nový měsíční obrát ve svařencích činí 900 000,- Kč.

Nový měsíční obrát v obrábění statorů činí 1 125 000,- Kč.

S racionalizace výroby tedy vyplývá, že se docílilo čistého měsíčního zisku 900 000,- Kč.

Rozdíl obrátů se rovná čistému zisku, který je tvořen navíc oproti původní výrobě, což celkem dělá po sečtení výroby svařence a obrobení statoru 900 000,-Kč měsíčně.

ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem se zabýval racionalizací technologie výroby a kontroly parametrů statoru. Vlivem racionalizace výroby se dosáhlo zkrácení výrobních časů, s pohledu svařování o 9 hod za pomoci přípravků a polohovadla, s pohledu obrábění statoru o 6,3 hod za pomoci přípravku, který umožní celý stator obrobit na jedno upnutí. Mimo zkrácení výrobních časů, nám racionalizace výroby pomohla, k vyřešení reklamací od zákazníka, na nedodržené rozměrové parametry v rámci výroby.

Během verifikace s pohledu metrologie došlo k vyřešení kontroly kritických parametrů, za pomoci softwaru Productivity+ od firmy Renishaw aplikovaném do obráběcího stroje, kdy měření probíhá za pomoci obrobkové sondy.

S celkového hodnocení vyplývá, že dojde k celkovému zkrácení výrobního času o 15,3 h/ks. S finančního hlediska pak tato úspora činí 10 800,- Kč/ks.

Do budoucna bych s pohledu metrologie navrhoval pořízení 3D měřicího stroje, což jsem ve své práci uváděl jako jednu z variant při řešení racionalizace metrologie, kde by se mohly měřit, jak vyráběné statory, což by také mělo za následek, že by se neblokoval produktivní čas obráběcího stroje, tak měřit i další výrobky naší firmy popřípadě volné kapacity nabídnout jako kooperaci, měření na 3D měřícím stroji.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MILITKÝ, Jiří; KŘEMENÁKOVÁ, Dana. *Metrologie a řízení jakosti*. Vydání 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. 373 stran. ISBN 978-80-7494-242-6.
- [2] KOŽÍŠEK, Jan; STIEBEROVÁ, Barbora. *Management kvality I*. 4. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. 227 s. ISBN 978-80-01-05673-8.
- [3] DVOŘÁČKOVÁ, Štěpánka; KARÁSEK, Jiří. *Strojírenská metrologie I*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. 80 s. ISBN 978-80-7494-129-0.
- [4] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie. Část 2, Základy řízení jakosti*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. 86 s. ISBN 80-248-1209-6.
- [5] BUMBÁLEK, Leoš; kol. *Kontrola a měření: pro SPŠ strojní*. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2009. 206 s. ISBN 978-80-7333-072-9.
- [6] KOUKAL, Jaroslav; SCHWARZ, Drahomír; HAJDÍK, Jiří. *Materiály a jejich svařitelnost*. 1. vyd. Ostrava: Český svářečský ústav, 2009. 240 s. ISBN 978-80-248-2025-5.
- [7] KOVAŘÍK, Rudolf; ČERNÝ, František. *Technologie svařování*. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000. 186 s. ISBN 80-7082-697-5.
- [8] GREEN, Linda L. *Logistics Engineering*. New York: John Wiley, 1991. 18, 425 s. New Dimensions in Engineering. ISBN 0-471-50632-X.
- [9] SANKAR, Yassin. *Management of Technological Change*. New York: John Wiley, 1991. 26, 374 s. Wiley Ser. in Engineering & Technology Management. ISBN 0-471-63147-7.
- [10] <http://www.emersonindustrial.com/en-EN/Electric-Power-Generation/Products/Leroy-Somer-Alternators/industrial/LSA/Pages/default.aspx>
- [11] <http://renishaw.cz>
- [12] <http://www.tosvarnsdorf.cz>
- [13] <https://www.zeiss.cz>
- [14] <http://www.metrotest.cz/pristroje-pro-mereni/merici-ramena/>
- [15] <http://www.emersonindustrial.com/en-EN/automationsolutions/Pages/home.aspx/>
- [16] <http://www.renishaw.cz/cs/productivity-pc-software-k-sondam-pro-obrabeci-centra--6252>

SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

Seznam příloh:

Příloha A. Kalibrační list měřicí koule

Příloha B. Pracovní snímek výroby svařence statoru

Příloha C. Pracovní snímek obrábění statoru

Příloha D. Výstupní protokol měřený obrobkovou sondou

Příloha E. Vyplněný protokol pro zákazníka

Příloha F. Protokol od zákazníka měřený na 3D měřícím stroji

Seznam výkresové dokumentace:

Výrobní výkres statoru.

Příloha A - Kalibrační list měřicí koule



CERTIFICATE OF CALIBRATION

ISSUED BY SPHERIC – TRAFALGAR LIMITED
DATE OF ISSUE 17 September, 2015
CERTIFICATE NUMBER 118142



spheric-trafalgar ltd

Wiston Business Park, London Road, Ashington
West Sussex. RH20 3DJ
Tel: +44 (0)1903 891200, Fax: +44 (0)1903 891220

Page 1 of 1 pages

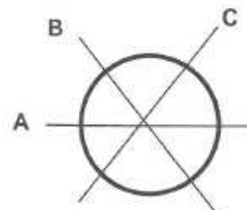
Approved Signature

S.J.Hunt

Customer: Renishaw plc
Bath Road,
Woodchester
Gloucestershire, GL5 5EY

Calibrated in: U.K.

Order No: PUO3339130
Date of Calibration: 17-Sep-15
Description: Datum Sphere Assembly
Part No: A-1034-0565-0B
Size: 25.000mm $\pm 1\mu\text{m}$, Grade 5
Material: Tungsten Carbide
Serial No: 151338
Ident No: ---
Report:



The ball has been calibrated against the Laboratory Standards for diameter on three plane(s) with the measured diameter(s), corrected for elastic compression and expressed to the nearest 0.000 05mm given below, and for roundness on three plane(s) with the results as given below.

Plane	Corrected diameter (mm)	Roundness (μm)
		(LSC: $\Delta r =$)
A	25.000 35	0.08
B	25.000 30	0.09
C	25.000 35	0.10

Roundness Uncertainty $\pm 0.025\mu\text{m}$ ($1\mu\text{in}$)

Uncertainty of Measurement $\pm 0.000 65\text{mm}$

Equipment: DIAMETER: Heidenhain ND281B + CT6001 Transducer @ 1N
ROUNDNESS: Talyrond 73PC Roundness Analyser

Temperature: $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$

Traceability: To National Standards via Gauge Blocks serial no: 10054
For USA: To NIST on Certificate No. 683/284880-14

This Laboratory is accredited in accordance with the recognised International Standard ISO/IEC 17025:2005. This accreditation demonstrates technical competence for a defined scope and the operation of a laboratory quality management system. (refer joint ISO-ILAC-IAF communiqué dated Jan 2009).
See (http://www.ukas.com/Library/Technical-Information/Pubs-Technical-Articles/17025_joint_communique.pdf)
The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a level of confidence of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with UKAS requirements.

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements of the United Kingdom Accreditation Service. It provides traceability of measurement to the SI system of units and/or to units of measurement realised at the National Physical Laboratory or other recognised national standards laboratories. This certificate may not be reproduced other than in full, except with prior written approval of the issuing laboratory

Příloha B - Pracovní snímek výroby svařence statoru

Vyrobek: SEC51-0273

operace: VÝROBA SVAŘENCE STATORU

Datum: 20.5.2017

Doba pozorování:

od: 20.5.2017

do: 24.5.2017

Pozorovatel: FRED LUKAŠ Pracovník: TETLÍK PAVEL

Mistr: TETLÍK PAVEL

poř. číslo	popis operace	pořadové číslo naměru							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	SKLADANÍ + STEHOVÁNÍ	0:00"	285'	275'	293'	288'			
2	STAVOVÁNÍ		375'	372'	369'	383'			
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									

čas TA jednotlivých operací

Rozbor - průměr času TA

11h 10,8h 11h 11,2h

Z naměřených hodnot stanovují průměrný čas 11 hodin

Příloha C - Pracovní snímek obrábění statoru

Výrobek: SEDSI-0273		Datum: 27. 3. 2017	
operace: OBRÁBĚNÍ STATORU		Doba pozorování:	
Pozorovatel: FRENK LUKAŠ		od 27. 3. 2017	
Mistr: FRENK LUKAŠ		do 29. 3. 2017	
Pracovník: KRAPIŠA ZDENĚK			


poř. číslo	popis operace	pořadové číslo naměru							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	USTAVENÍ + ROZMĚŘENÍ	0'00"	90'	82'	96'	92'			
2	OBRÁBĚNÍ		152'	260'	262'	150'			
3	ODČISTĚNÍ + SROUŽENÍ		30'	30'	25'	23'			
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									

čas 1A jednotlivých operací

Rozbor - průměr času 1A: 6,2h | 6,2h | 6,4h | 6,1h

2 naměřených hodnot stanovují průměrný čas 6,2 hodiny

Příloha D - Výstupní protokol měření obrobkovou sondou

 apply innovation™			
Probing Inspection Report 22 Failure(s)		Part Number: Various Operation: 1 Machine Type: Demo Machine Work Centre ID: MOPOS	Name: Name Sample ID: SE051-0273-2 Date: 29.03.2017 7:14:44 Units: Metric

Feature	Nominal	Actual	Deviation	Lower Tolerance	Upper Tolerance	In Tolerance?	Pass/Fail
ZA?ATEK PROGRAMU	PGS						
VERZE PROTOKOLU	1H						
NAZEV PROGRAMU	SE051-0273						
DATUM	27,0000	3,0000	2017,0000				
?AS	6,0000	3,0000	53,0000				
MERENY BOD	MPT						
BOD_PRO_OSOVOU_VYSKU							
RAW POINT	502,2061	330,9058	-63,7554				
PROTOKOL	RPT						
REPORT1							
NOM	ACT	DEV	LOWER	UPPER	IN TOL		
SESTROJENA LINIE	CLN						
LINE1							
BOD1.X	0,0000	-0,1665	-0,1665				
BOD1.Y	0,0000	-0,3382	-0,3382				
BOD1.Z	0,0000	0,0000	0,0000				
BOD2.X	0,0000	0,1084	0,1084				
BOD2.Y	0,0000	-0,4106	-0,4106				
BOD2.Z	-185,0000	-185,0000	0,0000				
SMERLINIE.X	0,0000	0,0015	0,0015				
SMERLINIE.Y	0,0000	-0,0004	-0,0004				
SMERLINIE.Z	-1,0000	-1,0000	0,0000				
DELKA	185,0000	185,0002	0,0002	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
DELKAVX	0,0000	0,2749	0,2749	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
DELKAVY	0,0000	-0,0723	-0,0723	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
DELKAVZ	185,0000	-185,0000	-370,0000	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
UHLOVACHYBAVOSEA	0,0000	-0,0224	-0,0224	-1,0000	1,0000	1,0000	PASS

UHLOVACHYBAVOSEB	0,0000	-0,0851	-0,0851	-1,0000	1,0000	1,0000	PASS
UHLOVACHYBAVOSEC	0,0000	0,0000	0,0000	-1,0000	1,0000	1,0000	PASS
STRED.X	0,0000	-0,0290	-0,0290	-0,1250	0,1250	1,0000	PASS
STRED.Y	0,0000	-0,3744	-0,3744	-0,1250	0,1250	0,0000	FAIL
STRED.Z	-92,5000	-92,5000	0,0000	-0,1250	0,1250	1,0000	PASS
MERENY BOD	MPT						
CELO_ZAPOJENI							
POZICE.X	-228,9140	-228,9871	-0,0731	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
POZICE.Y	-405,3110	-405,3862	-0,0752	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
POZICE.Z	0,0000	-0,2621	-0,2621	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
STAVMATERIALU	-0,2621						
MERENA ROVINA	MPL						
ROVINA_NA_CELE_ZAPOJENI							
NORMALOVYVEKTORROVIN	0,0000	-0,0013	-0,0013				
NORMALOVYVEKTORROVIN	0,0000	0,0001	0,0001				
NORMALOVYVEKTORROVIN	1,0000	1,0000	0,0000				
BODVROVINE.X	-61,6370	-61,7031	-0,0661				
BODVROVINE.Y	-103,1060	-103,1749	-0,0689				
BODVROVINE.Z	0,0000	0,0419	0,0419				
UHLOVACHYBAVOSEA	0,0000	-0,0072	-0,0072	-1,0000	1,0000	1,0000	PASS
UHLOVACHYBAVOSEB	0,0000	-0,0766	-0,0766	-1,0000	1,0000	1,0000	PASS
UHLOVACHYBAVOSEC	0,0000	0,0000	0,0000	-1,0000	1,0000	1,0000	PASS
STAVMATERIALU	0,0419						
MERENY KRUH	MCL						
KRUZNICE_ZAPOJENI_910H8							
STRED.X	0,0000	-0,1665	-0,1665	-0,1250	0,1250	0,0000	FAIL
STRED.Y	0,0000	-0,3382	-0,3382	-0,1250	0,1250	0,0000	FAIL
STRED.Z	0,0000	0,0000	0,0000				
PRUMER	910,0000	910,0938	0,0938	0,0000	0,1400	1,0000	PASS
STAVMATERIALU	-0,0469						
MERENY KRUH	MCL						
KRUZNICE_PAKET_ZAPOJENI							
STRED.X	0,0000	0,1084	0,1084	-0,1250	0,1250	1,0000	PASS
STRED.Y	0,0000	-0,4106	-0,4106	-0,1250	0,1250	0,0000	FAIL
STRED.Z	-185,0000	-185,0000	0,0000				
PRUMER	541,2000	533,7999	-7,4001	0,0000	0,3000	0,0000	FAIL
STAVMATERIALU	3,7000						

MERENY KRUH	MCL						
KRUZNICE_ZAKAZNIK_910H8							
STRED.X	0,0000	-0,0217	-0,0217	-0,1250	0,1250	0,0000	FAIL
STRED.Y	0,0000	-0,3427	-0,3427	-0,1250	0,1250	0,0000	FAIL
STRED.Z	1500,0000	1500,0000	0,0000				
PRUMER	910,0000	910,0974	0,0974	0,0000	0,1400	1,0000	PASS
STAVMATERIALU	-0,0487						
MERENY KRUH	MCL						
KRUZNICE_PAKET_ZAKAZNIK							
STRED.X	0,0000	-1,2421	-1,2421	-0,1250	0,1250	0,0000	FAIL
STRED.Y	0,0000	-0,4104	-0,4104	-0,1250	0,1250	0,0000	FAIL
STRED.Z	1035,0000	1035,0000	0,0000				
PRUMER	541,2000	533,9792	-7,2208	0,0000	0,3000	0,0000	FAIL
STAVMATERIALU	3,6104						
MERENA ROVINA	MPL						
ROVINA_NA_CELE_ZAKAZNIK							
NORMALOVYVEKTORROVIN	0,0000	-0,0014	-0,0014				
NORMALOVYVEKTORROVIN	0,0000	0,0000	0,0000				
NORMALOVYVEKTORROVIN	1,0000	1,0000	0,0000				
BODVROVINE.X	3,3060	3,2373	-0,0687				
BODVROVINE.Y	-9,4720	-9,5366	-0,0646				
BODVROVINE.Z	1500,0000	1500,2434	0,2434				
UHLOVACHYBAVOSEA	0,0000	0,0000	0,0000	-1,0000	1,0000	1,0000	PASS
UHLOVACHYBAVOSEB	0,0000	-0,0829	-0,0829	-1,0000	1,0000	1,0000	PASS
UHLOVACHYBAVOSEC	0,0000	0,0000	0,0000	-1,0000	1,0000	1,0000	PASS
STAVMATERIALU	0,2435						
MERENY BOD	MPT						
BOD_PRO_OSOVOU_VYSKU							
POZICE.X	499,5000	499,3048	-0,1952	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
POZICE.Y	330,9810	330,9058	-0,0752	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
POZICE.Z	-60,8350	-60,8351	-0,0001	-0,0500	0,0500	1,0000	PASS
STAVMATERIALU	-0,1952						
MERENY BOD	MPT						
CELO_ZAKAZNIK							
POZICE.X	-53,6970	-53,7702	-0,0732	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
POZICE.Y	-472,5720	-472,6472	-0,0752	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
POZICE.Z	1500,0000	1500,1453	0,1453	-0,0500	0,0500	0,0000	FAIL
STAVMATERIALU	0,1453						

KONEC PROGRAMU	PGE						
NAZEV PROGRAMU	SE051-0273						
DATUM	27,0000	3,0000	2017,0000				
?AS	6,0000	12,0000	58,0000				

Příloha E - Vyplněný protokol pro zákazníka

MOPOS	KONTROLNÍ LIST RECORD CARD	SKL.ČÍSLO / STOCK N° : 104984 LS CODE : STM910US008 PLATNOST OD / VALIDATE SINCE : 1.12.2010
KVALITA	OPRACOVANÝ PAKET STATORU Machined frame with core	CONT/FCTL/004 010 rev: J
Číslo objednávky : Order No : 24010915446817-2		Č.výkresu statoru Stator drawing n° SE 051 0273 CA 704

A B C D E F G H I J K L P1, P2 ⊕ B/D ₁ D ₂ nebo B/D ₁ * ⊕ C/D ₁ D ₂ nebo B/D ₂ * ⊕ B/C // A/E R * ⊥ A+E / D ₁ D ₂ ⊕ T/BC	referenční strana Ø osazení na straně A Ø osazení na opačné straně vnitřní Ø svazku opačná strana ke straně A délka svazku poloha svazku osová výška podélná rozteč otvorů příčná rozteč otvorů délka kostry vzdálenost vrtání patek Ø vrtání otvorů statoru poloha B vzhledem k ose plechů D ₁ /D ₂ v X,Y poloha C vzhledem k ose plechů D ₁ /D ₂ v X,Y poloha C vzhledem k ose plechů B v X,Y rovnoběžnost stran E a A rovinnost vnitř. průměru svazku Pokud se kontroluje soustřednost pomocí obráběcího přípravku, změřit soustřednost B/D ₁ a B/D ₂ kolmost stran E a A k ose paketu Poloha otvorů T na patkách k ose kostry
--	--

reference side fitting-together Ø of the reference side fitting-together Ø opposite side of the reference side Ø of the stator core opposite side to the reference side length of the stator core position of the stator core axis height between axis holes between axis of the lateral fixing length of the frame Departure of the drilling leg Drilling Ø of the stator end position of B in relation to the fitting-together D ₁ /D ₂ en X,Y position of C in relation to the fitting-together D ₁ /D ₂ en X,Y ⊕ : position of C in relation to the fitting-together B en X,Y parallelism of the A & E sides Straightness of the stator core When concentricity are checked with a machining equipment, measure the concentricity of B/D ₁ et de B/D ₂ perpendicularity sides A and E to axe packet position holes T on foots to axe frame BC
--

	Rozměry na výkrese Dimensions lines	Naměřené hodnoty Measured values		Rozměry na výkrese Dimensions lines	Naměřené hodnoty Measured values		Geometrie Geometry	Naměřené hodnoty Measured values
B	910 H8 0/+0,14	910,094	H	499,5 ± 0,8	499,3048	±	B / D ₁ D ₂ nebo B / D ₁ * ± 0,3	X : 0,20 Y :
C	910 H8 0/+0,14	910,097	I	1200 ± 0,5	1200		±	C / D ₁ D ₂ nebo B / D ₂ * ± 0,3
D	541,2 ± 0,1	541,0999	J	750 ± 0,8	750,0	±		B / C ± 0,15
D	541,2 ± 0,1	541,2792	K	1500 ± 0,2	1499,9813		⊥	A / D ₁ D ₂ E / D ₁ D ₂ 0,1
F	850 0/+2	851,5	L	150 ± 0,5	150,0			
G	185 ± 1,2	185,6	P ₁	940 ± 0,4	940,1			
R	0,3	0,2	P ₂	940 ± 0,4	940,0			
			T / BC	0,5	0,4			

☐ Kontrola vyrtaných děr na patkách / Checking of drilling leg : Ø T na výkrese : 33, Ø změřený : 33
☐ Vizuální kontrola svarů (vzhled, rozměry) / Visual inspection welding (dimension, aspect)
☐ Čistota bez okujů a třísek po svařování / No scratch welding
☐ Bez kovových třísek / No iron turning

Poznámky / remarks:

☐ Výkres kostry / Frame drawing: CA 704-1500
☐ Výkres paketu / Packet drawing: TE 051-0229
☐ Výkres plechu / Lamination drawing:
☐ Počet drážek / Slot number:
☐ Č.tvaru drážky / n° form slot









Jméno kontrolora : Inspector name :	Datum : Date : 29.3.2017	Podpis : Visa :
--	-----------------------------	--------------------

Příloha F - Protokol od zákazníka měřený na 3D měřícím stroji

	PART NAME : SE051-0273/A		března 31, 2017	21:25
	REV NUMBER :	SER NUMBER : MOP.49879-1	STATS COUNT : 1	

Aktuální teploty: X=22.514 Y=21.602 Z=22.552 P=22.942
Teplotní kompenzace je ON



	MM	LOC1 - PRUMER 910H8 STRANA ZÁKAZNÍKA				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
D	910.000	0.140	0.000	910.079	0.079	0.000
	MM	CIRTY1 - PRUMER 910H8 STRANA ZÁKAZNÍKA				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	0.000	0.100	0.000	0.109	0.109	0.009
	MM	LOC2 - PRUMER 910H8 - STRANA ZAPOJENÍ				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
X	0.000	0.050	0.050	0.007	0.007	0.000
Z	0.000	0.050	0.050	-0.107	-0.107	-0.057
D	910.000	0.140	0.000	910.086	0.086	0.000
	MM	CIRTY2 - PRUMER 910H8 - STRANA ZAPOJENÍ				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	0.000	0.100	0.000	0.169	0.169	0.069
	MM	CONCEN1 - PRUMER 910H8 - STRANA ZAPOJENÍ TO PRUMER 910H8 STRANA ZÁKAZNÍKA				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	0.000	0.200	0.000	0.214	0.214	0.014
	MM	DIST1 - PLOCHA STRANA ZAKAZNIKA TO PLOCHA STRANA ZAPOJENÍ				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	1500.000	0.200	0.200	1500.031	0.031	0.000
//	MM	PARL1 - PLOCHA STRANA ZAPOJENÍ TO PLOCHA STRANA ZAKAZNIKA				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	0	0.100	0	0.048	0.048	0.000
	MM	PERP1 - PLOCHA STRANA ZAKAZNIKA TO OSA KOSTRY				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	0	0.100	0	0.080	0.080	0.000
	MM	PERP2 - PLOCHA STRANA ZAPOJENÍ TO OSA KOSTRY				
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL
M	0	0.100	0	0.094	0.094	0.000